St. Albert's College Library

Digitized by the Internet Archive
in 2025 with funding from
Graduate Theological Union

https://archive.org/details/institutionesphi05jacq

INSTITVTIONES

PHILOSOPHICAE

Ex libris Johannis Shanahan

AVCTORE

FRANCISCO IACQVIER
ex Minimorum Familia, primariarum per Europam academiarum socio, in lyceo romano, et in collegio urbano de propaganda fide professore.

AD VSVM SCHOLAE VALENTINAE.

TOMVS V.

VALENTIAE
EX OFFICINA BENEDICTI MONFORT
CIƆIƆCCC.
SVPERIORVM PERMISSV.

INDEX.

PHYSICA PARTICVLARIS.

Sectio I. *De fluidis.* Pag. I
Capvt I. *De fluidis generatim consideratis.* I
Artic. I. *De fluidorum natura.* ibid.
Conclvsio. *Ex sphaerica particularum fluidi figura, illarumque minima vi attractiva satis probabiliter repetenda videtur fluiditatis causa.* 4
Artic. II. *De fluidorum aequilibrio.* 16
Conclvsio. *Ex mutua aquae et vitri attractione repetenda videntur tuborum capillarium phaenomena.* 31
Artic. III. *De fluidorum motu.* 45
Artic. IV. *De resistentia fluidorum.* 53
Appendix. *De quibusdam capitis praecedentis utilitatibus.* 59
Capvt II. *De fluidis elasticis.* 67
Artic. I. *De elasticitate.* ibid.
Artic. II. *De aëre illiusque proprietatibus.* 74
Conclvsio. *Aër gravis est et elasticus.* 75
Artic. III. *De sono et auditu.* 77
Appendix. *De quibusdam capitis praecedentis utilitatibus.* 121
Sectio II. *De lumine et igne.* 134
Crpvt I. *De lumine.* ibid.
Artic. I. *De lucis natura et emanatione.* 135

CONCLVSIO. *Lux conſiſtit in effluviis e corpore lucido iugiter emanantibus, illiusque propagatio inſtantanea non eſt, ſed ſucceſſiva.* 137
ARTIC. II. *De lucis propagatione generatim conſiderata.* 152
ARTIC. III. *De lucis refractione.* 167
CONCLVSIO. *Reflexionem lucis in minimis a contactu diſtantiis fieri, refractionem vero vi attractivae medii tribnendam eſſe, vix in dubium revocari poteſt.* 168
De Dioptrica. 180
ARTIC. IV. *De viſione.* 186
Catoptrica. 205
ARTIC. V. *De coloribus a'que iride.* 209
CONCLVSIO. *Certiſſimis experimentis diverſam radiorum refrangibilitatem demonſtravit Newtonus; atque ex eadem doctrina pendent iridis phaenomena.* 212
APPENDIX. *De quibusdam capitis praecedentis utilitatibus.* 246
CAPVT II. *De igne.* 256
ARTIC. I. *De ignis proprietatibus praecipuis.* ibid.
ARTIC. II. *De calore et frigore.* 267
APPENDIX. *De quibusdam eapitis praecedentis utilitatibus.* 282
SECTIO III. *De aſtronomia.* 287
CAPVT I. *De variis corporum coeleſtium phaenomenis et motibus.* 288
ARTIC. I. *De mundi ſyſtemate, quale ocu-*

lis apparet, et de sphaera coelesti. 288
ARTIC. II. *De vvriis mundani systematis hypothesibus.* 303
ARTIC. III. *De sole et stellis fixis.* 324
De aequtnoctiorum praecessione. 333
ARTIC. IV. *De stellis trraticis, sive de planetis et cometis.* 337
CONCLVSIO. *Cometae non sunt corpora sublunaria aut meteora, sed circa solem certa periodo revolvuntur.* 350
ARTIC. V. *De planetis secundariis.* 369
De eclipsibus. 377
APPENDIX. *De quibusdam capitis praecedentis utilitatibus.* 385
CAPVT. II. *De astronomia physica, seu de phaenomenorum coelestium causis.* 388
ARTIC. I. *De gravitatis coelestis systemate, et de planetarum orbita.* 389
ARTIC. II. *De planetarum densitate et figura praesertim de figura telluris.* 400
CONCLVSIO. *Quamvis certo cognita non sit accurata telluris figura; eam tamen versus polos compressam csse, demonstrant observationes atque experimenta.* 405
ARTIC. III. *De phaenomenis pendentibus ex mutua planetarum actione, praesertim de aestu maris.* 406
CONCLVSIO. *Ex actione lunae et solis repetenda sunt aestus marini phaenomena.* 425

APPENDIX. *De quibusdam capitis praecedentis utilitatibus.* 443
CAPVT III. *De chronologia et calendario.* 447
ARTIC. I. *De temporis partibus atque mensura.* 448
ARTIC. II. *De illustrioribus epochis praecipuisque periodis.* 455
ARTIC. III. *De calendario.* 463
APPENDIX. *De quibusdam capitis praecedentis utilitatibus.* 480
SECTIO IV. *De geographia.* 488
CAPVT I. *De superficie terrestri praecipuisque in ea considerandis corporum speciebus.* 489
ARTIC. I. *De superficiei terrestris divisione illiusque variis respectu solis adfectionibus.* ibid.
ARTIC. II. *De praecipuis corporum speciebus in telluris superficie considerandis.* 504
APPENDIX. *De quibusdam capitis praecedentis utilitatibus.* 525
CAPVT II. *De corporibus aliis in terrae gremio potissimum considerandis.* 528
ARTIC. I. *De ferro et magnete illorumque vi attractiva, ubi etiam de electricitate.* 529
ARTIC. II. *De subterraneis quibusdam meteoris atque phaenomenis.* 548
APPENDIX. *De quibusdam capitis praecedentis utilitatibus.* 563

PARS SECVNDA PHYSICES

SEV

PHYSICA PARTICVLARIS

SECTIO I.

De fluidis.

DVPLEX generatim distingui debet fluidorum species. Alia fluida nullum praebent elasticitatis indicium, qualis aqua vulgo creditur ; alia autem sunt eximie elastica, qualis est aër. Ad fluidorum doctrinam revocari etiam possunt , quae de lumine et igne a physicis tractari solent. Totam huius utilissimi argumenti amplitudinem in varia capita dividemus , distinctisque articulis explicabimus.

CAPVT I.

De fluidis generatim consideratis.

In fluido quolibet quattuor adfectiones potissimum considerari debent. I.° fluidorum natura. II.° illorum aequilibrium. III.° eorumdem motus. IV.° tandem resistentia.

ARTICVLVS I.

De fluidorum natura.

DEFINITIO.

Fluidum definiri solet : *corpus omne , cuius partes vi cuicumque illatae cedunt , et cedendo facile moventur inter se.* Singulas huius definitionis partes explicabimus. I.° Haec est primaria fluidorum proprietas , ut partes cedant vi etiam minimae , et quae sub sensus non cadat. Hinc patet , illam fluidorum proprietatem a sensibus nostris pendere. Si enim organo tactus longe subtiliori donati essent homines ita , ut eam liceret deprehendere resistentiam, quae sensuum nostrorum potestatem fugit ; iam corpora plurima non reputaremus fluida , quae tamen ut talia a nobis sentiuntur. II.° Ad constituendum corpus fluidum , oportet, minimas omnino esse illius particulas ita , ut

sensibus nostris sese subducant. Si enim corporis alicuius partes seorsum tangere aut videre licet, tamquam fluidum haberi non debet corpus illud. Ita licet farina minutissimis constet particulis, quae levi digito statim moveantur, quia tamen digitis compressae facile sentiuntur; fluida dici non debet farina. At si multo subtiliores evadant particulae, ut fit, dum panis dentibus atteritur, ventriculi et intestinorum actione subigitur, ac tandem in chylum sanguinemque transmutatur; iam fluidi proprietates et nomen adquirit. III.° Vt clara habeatur fluidorum notio, neque corpora *humida* cum fluidis, neque etiam fluida cum *liquidis* confundi debent. Corpora humida appellantur fluida illa, quae corporibus adhaerescunt, et in iis quaedam relinquunt madoris vestigia. Metalla liquefacta fluidorum proprietates habent; haec tamen non sunt corpora humida. Corpora liquida dicuntur fluida illa, quae ad libellam sese componunt. Haec autem proprietas singulis fluidis non convenit. Ita flamma, fumus, aër sunt corpora fluida; haec autem dilatationem, minime vero libellam adfectant. Itaque corpora omnia humida et liquida sunt etiam fluida, sed non vice versa.

Licet in humanae societatis usu primarias fluidorum proprietates nosse satis sit; nec de fluiditatis causa, quae quidem parum omnino iuvaret, valde sit curandum,

quid tamen hac de re probabilius sentiendum sit, in sequenti conclusione exponam.

CONCLVSIO.

Ex SPHAERICA PARTICVLARVM FLVIDI FIGVRA, ILLARVMQUE MINIMA VI ATTRACTIVA SATIS PROBABILITER REPETENDA VIDETVR FLVIDITATIS CAVSA.

Prob. 1. Crassiorum fluidorum particulas exquisitis microscopiis saepe contemplati sunt diligentisimi physici. In mercurio, lacte, sanguine, sero, oleis figuram sphaericam constanter observarunt. Eamdem figuram in fumo carbonis Muskenbroëkius, et in vaporibus Derhamus maxima experimentorum subtilitate deprehenderunt. Porro si fluida crassiora ex minimis constent globulis, eamdem quoque figuram in subtilioribus fluidorum particulis probabiliter ostendit lex analogiae.

Et re quidem ipsa, quum minimae fluidorum particulae vi cuicumque illatae cedant, et cedendo facile moveantur inter se, haec primaria fluidorum proprietas ex sphaerica particularum figura satis apte intelligitur. In memoriam revocanda sunt, quae de minimarum particularum vi attractiva demonstravimus in physica generali. Illa attractionis species componitur ex minimarum parti-

cularum densitate et contactus magnitudine; ac proinde quum minima sit in globulis eximie laevigatis contactus magnitudo, minima omnino est attractio, ideoque et cohaesio minima. Atque hinc summa facilitas, qua particulae fluidi vi cuicumque cedunt, et aliae supra alias labuntur.

Ex his principiis non solum satis feliciter explicatur fluiditatis causa, sed diversi etiam intelliguntur fluiditatis gradus. Etenim quum superficies crescant vel decrescant, ut quadrata diametrorum, soliditates autem ut earumdem diametrorum cubi; minores particulae minorem habent superficiem ob minorem etiam soliditatem, ac proinde debiliorem contactum admittunt. Quare maior erit fluiditas, si particulae sint minores, atque ad figuram sphaericam magis accedant. Contra autem fluiditas minor, si maiores fuerint globuli, et minus accurate rotundi. In hoc enim casu crescit contactus magnitudo, atque hinc oriuntur per gradus variae fluiditatis conditiones. Ceterum heic probe meminisse oportet, quod in physica generali saepe monuimus: attractionis nomine a nobis intelligi effectum aliquem, cuius causam, si quae sit, sagacioribus philosophis investigandam relinquimus. Cavendum enim maxime nobis est, ne attractionis doctrina abutamur, et pertinaciores imitemur materiae subtilis patronos, qui dum huius materiae usum maxime am-

plificant, et in omnibus effectibus explicandis adhibent, eam omnino inutilem reddunt. Sed quidquid sit, iam concludere licet: probabiliter adseritur ea fluiditatis causa, quam lex analogiae ipsaque fluiditatis phaenomena postulare videntur; atqui ex adductis observationibus atque ex analogia naturae probabile ſit, fluiditatis causam esse, quae in conclusione adseritur; ergo fluiditatis causa satis probabiliter deducitur ex sphaerica minimarum particularum figura, earumque minima vi attractiva.

SOLVVNTVR OBIECTIONES.

Obiect. 1. Ex intestino minimarum partium motu potissimum repetendam esse fluiditatis rationem, demonstrant experimenta. Exemplo sit corporum solidorum in fluida transmutatio: glaciei in aquam, et vicissim. Tota inter utrumque statum differentia in eo maxime posita videtur, quod in corpore duro partes minimae fixae consistant, ideoque tactus organo resistant. Contra autem minimae fluidorum particulae perpetuo motu agitentur, et ideo vi cuicumque facile cedant. Et quidem intestinum hunc motum ostendunt corporum fluidorum effectus. Fluidorum particulae corporum poros penetrant, durissima corpora emolliunt et dissolvunt. Tandem nullum corpus solidum ad flui-

ditatis statum transire potest nisi interveniente corporis alicuius motu, ignis v. g. aëris, aquae. His praemissis observationibus ita argumentari licet. Probabiliter adseritur illa fluiditatis ratio, ex qua pendere videntur praecipua fluidorum phaenomena; atqui praecipua fluidorum phaenomena ex intestino particularum motu repetenda videntur; ergo ex eo motu fluiditatis causa derivanda est.

Resp. N. min. Singulas explicabimus obiectionis partes. Quamvis intestinus partium motus primaria non sit fluiditatis ratio; certum tamen est, fluiditatem motu minimarum particularum maxime augeri, immo aliquando creari. Sed haec eadem experimenta coniecturas nostras maxime confirmant. Si glacies igni et calori subiiciatur; iam particulae igneae aliaque plurima diversi generis corpuscula glaciei poros pervadunt, et glaciei partes a mutuo contactu dimovent: hinc minor cohaesio, ideoque fluiditas. Ex iisdem principiis pendet quoque corporum solidorum *fusio* et *calcinatio.* Etenim si metalla etiam durissima vehementiore igne fuerint vexata, igneae particulae durissimas quoque particulas frangunt, metallique massam in modum fluidi vel pulveris dissolvunt. Et re quidem ipsa cessante ignis actione puriora metalla ad contactum redeunt, rursusque in duram massam sese compingunt. At si minus pura fuerint metalla, et diuturniori igne torqueantur,

iam particulae plurimae vi ignis sublevantur, aliae figuram mutant. Hinc particulae, licet actioni ignis subtrahantur, ad eosdem non redeunt contactus. Atque ita intelligitur, qua de causa in pulvisculum calcemque redigantur metalla plurima. Talis autem corporum indoles, qua fit, ut in pulverem reduci possint, vocatur *friabilitas*. Itaque manifestum est, corporum fluiditatem intestino partium motu aliquando promoveri. Verum heic fluiditatem consideramus in ipso corpore fluido dumtaxat, et ab aliis abstrahimus quibuscumque corporibus, quae fluiditatem augere possunt. Porro fluiditas hoc modo considerata satis feliciter intelligitur ex minimarum particularum figura, illarumque debiliori vi attractiva. Probe autem notari debet, quod modo dictum est, aliquando nempe fluiditatem intestino partium motu augeri. Et quidem id non semper accidere, manifestum est, atque ut alia plurima omittam experimenta, satis erit referre, quod a diligentissimo viro Farenheitio primum fuit observatum, et deinde ab aliis physicis eodem successu iteratum. Si aquae fluidae massa aëri frigidissimo et tranquillo exponatur, talem aliquando adquirit frigoris gradum, qui frigus glacie productum longe superat; cuius quidem gradus fidem facit accuratissimum thermometrum. Haec tamen aqua si tranquilla maneat, exquisitae fluiditatis statum retinet. At si aqua in hoc sta-

tu vel minimam ab aëre aut corpore circumstante agitationem experiatur, statim in durissimam glaciem concrescit, et ad vulgarem congelationis gradum reducitur, aliquam amittens frigoris partem; quod quidem paradoxum omnino videbitur. Haec autem pauca dicta sint, fusius explicanda, ubi de glaciei formatione sermo erit.

Quod spectat ad corporum fluidorum in alia corpora actionem, diximus iam, corpora fluida in se ipsis, et seorsum ab aliis corporibus heic considerari. Re quidem vera fluidorum quorumdam particulae corporum solidorum partes alte penetrant. Ita mercurius durissimorum quoque corporum substantiam pervadit: aqua corporibus plurimis sese inserit, nonnullaque dissolvit. Verum effectus illi intestinis partium motibus, saltem ex omni parte tribui non debent, sed summae particularum mobilitati, vi attractivae, atque etiam aliis externis viribus. Ita aqua vi aëris comprimentis in balneorum usu ad sanguinem usque introducitur; adiuvantibus alternis cordis contractionibus sanguinis moleculas agitat, et circulationis facilitatem conciliat. Sed haec omnia comparari debent cum iis, quae de minimarum particularum vi attractiva in physica generali fuse disputavimus.

Obiect. 2. Rotunda particularum figura in singulis fluidis constanter non observatur. De-

monstrant observationes microscopicae, fluidorum multorum particulas implexas esse atque ramosas. Ipsae etiam sanguinis particulae varias atque irregulares ostendunt figuras, si exquisito microscopio subiiciantur. Et re quidem ipsa hanc particularum diversitatem atque irregularitatem postulare videntur ipsa phaenomena. Si fluidorum particulae ita sint dispositae, ut sese variis implexibus coniungere atque irretire possint; iam in massam solidam coalescere poterunt, ut accidit oleis; vel in glaciem indurescere, ut contingit aquae fluidisque plurimis. At si tales sint particulae, ut se invicem implicare atque irretire non possint, numquam in corpus durum reduci poterunt. Tales sunt aëris mercuriique particulae. Ex quibus sic concluditur: fluiditatis causa adferri non potest haec figura, quam in omnibus fluidis non observamus, quamque diversam omnino esse, postulat diversa fluidorum natura; atqui figuram sphaericam in omnibus fluidis non demonstrant observationes; ergo ex sphaerica minimarum particularum figura non deducenda videtur fluiditatis causa.

Resp. dist. min. hanc figuram in omnibus fluidis non observamus ob minimam particularum subtilitatem sensibus omnino imperviam, C. min.; secus, N. min. Quare N. cons. Quamvis minimae omnino sint fluidorum particulae, quae exquisito microscopio

patent, non tamen pro fluidorum elementis haberi debent. Etenim tanta est primigeniarum particularum subtilitas, ut imaginandi vi non possit comprehendi, et quo usque perveniat, ignotum omnino sit. Itaque dum microscopicis observationibus utuntur physici ad demonstrandam particularum fluidorum rotunditatem, id faciunt ex lege analogiae dumtaxat. Ita ostendunt microscopia, animalium terrestrium sanguinem compositum esse ex globulis rubris fluido aqueo vel seroso pellucido innatantibus. Quilibet globulus constat ex aliis sex minoribus globulis magisque pellucidis, quorum unusquisque rursus continet sex alios minores globulos ita, ut singuli globuli saltem ex triginta sex minoribus globulis componantur. Hinc per legem analogiae ratiocinantur physici, globulos illos ex aliis minoribus fortasse compositos esse ad prima usque fluidi elementa. Ceterum minime repugnat, globulos illos ita inter se disponi, ut exquisito etiam microscopio varias figuras demonstrent. Illi etenim crassiores globuli et oculis conspicui flecti possunt atque comprimi, vario ordine inter se collocari, et in quamlibet figuram componi. Praeterea sanguinem maxime heterogeneum esse, demonstrat analysis chemica. Mirum ergo non est, quod pro diverso sanguinis statu diversaque secretione varias oculis ostendat figuras, quamvis figuram sphaericam habeant minima sanguinis

fluidi elementa. Praeclarissima atque utilissima de sanguinearum particularum mutatione experimenta sumsit solertissimus naturae indagator Leewenhoëkius. Vnum referre satis erit. Observavit, levissimâ etiam venenati animalis morsiunculâ totam sanguinis massam ita corrumpi, ut uno quasi oculi ictu colorem, motum, figuram mutent globuli.

Hinc etiam patet responsio ad alteram obiectionis partem. Quod fluida quaedam in glaciem facilius concrescant, quaedam difficilius, alia vero numquam; id repetendum videtur ex maxima minimarum particularum mobilitate, ac proinde et ex ipsa figura. Itaque in hac quaestione diligenter distingui debet *mobilitas* a motu *actuali*. Fluiditas esse non potest sine maxima motus facilitate, quae quidem summa mobilitas ex ipsa particularum figura probabilissime repetenda videtur. At fluiditas non semper coniuncta est cum motu actuali. Et certe si minima quaeque corpuscula in aqua suspendantur, immota omnino consistunt; quae quidem perfecta quies cum intestino partium motu conciliari non posse videtur. Tandem apud omnes physicos certissimum est, idque in sequenti articulo demonstrabimus, aequalem esse fluidorum ex omni parte pressionem. Illa autem pressionis aequalitas cum perpetuo particularum motu componi omnino non potest.

Obiect. 3. Si corporum fluiditas ex sphae-

rica particularum figura minimaque vi attractiva repeti possit; iam contraria ratione corporum durities ex contactus magnitudine maiorique vi attractiva pendere dicenda est; haec autem hypothesis est omnino absurda. Et quidem quum durissimae sint minimae fluidorum particulae, ponamus durissimum aquae globulum, cuius attractio ad lineae unius distantiam vigeat: deinde circa hanc particulam descriptus intelligatur circulus, cuius semidiameter sit lineae unius: particula aquae ab iis tantum attrahetur globulis, qui intra circuli peripheriam continentur. Quia vero particulae illae in partes contrarias agunt, sese mutuo elident attractiones oppositae, ac proinde attractionis effectus erit nullus. Quare explicari nequaquam poterit minimarum particularum durities. Evidens autem est, hanc eamdem ratiocinationem in maioribus quoque corporibus valere. Etenim interiores corporis cuiuslibet particulae, eae saltem, quae non sunt superficiei valde proximae, ab omni parte attrahuntur aequaliter, ac proinde manent in quiete relativa; ergo nec corporum durities nec eius a fluiditate discrimen per praedictam hypothesim explicari possunt. Resp. N. min. Haec obiectio, cuius vim maximam non diffitemur, coniuncta est cum implicatissima quaestione de primigeniarum particularum natura, quam quidem nobis ignotam esse, in physica generali atque heic iterum profitemur. Quod

spectat ad primigeniarum particularum duritiem, probabilius videtur, eam esse *primitivam* a Deo primis corporum elementis inditam. Haec autem durities sine vi ulla attrahente intelligi poterit, si dicamus, prima corporum elementa a Deo creata fuisse omnino solida ita, ut nullas habeant partes, quae sint poris intervallisque distinctae. Durissimas esse minimas aquae particulas, merito concludere videtur Muskenbroëkius ex doloris sensu, quem aliquis experitur, si aquae superficiem manu verberet, atque etiam ex ipsa figurae mutatione, quae in globis plumbeis observatur, si e scopleto in aquam explodantur. Ceterum in praesenti quaestione non agimus de primigeniarum particularum duritie, sed tantum de magnorum corporum fluiditate, ac proinde etiam, ob contrariam rationem, de duritie. Validissima quidem foret in magnis etiam corporibus proposita obiectio, si homogeneas fingamus primigenias omnes materiae particulas. At si particularum immensam ponamus varietatem, quod non sine maxima probabilitate adfirmant plurimi physici; iam aequales esse non possunt attractiones oppositae, ac proinde particulae cohaerere poterunt, et inde conflata corpora diversos fluiditatis et duritiei gradus adquirere.

Obiect. 4. Fluiditatis et duritiei causa multo probabilius referenda videtur in fluidum quoddam subtilissimum rarissimumque, ab aë-

re prorsus distinctum, quod *aetheris* nomine appellari solet. Motu intestino confuse et perturbate cientur aetheris particulae. Illud fluidum est eximie elasticum, et minimae illius moleculae compressae moleculas alias propiores comprimunt, hae rursus alias. Fingamus, tantam esse aetheris elasticitatem, ut vim aëris elasticam fere in immensum superet; iam partes materiae a se invicem distrahi non poterunt, nisi superetur vis aetheris, quae contactum tuetür, et quae maior est pro maiori contactus amplitudine. Ergo in hac hypothesi fluiditatis et duritiei redditur ratio sine ulla vi attrahente. Resp. N. ant. et cons. Hanc materiae aethereae hypothesim iam explicavimus in physica generali. Negari quidem non potest, exsistere materiam quamdam aëre nostro crassiori longe subtiliorem, sive materia illa sola maiori subtilitate ab aëre differat, sive sit naturae longe diversissimae. Quidquid sit, haec hypothesis non valde repugnat nostrae conclusioni, in qua vis attractivae causam nulla ratione definimus. Adfirmare tamen audemus, precarias omnino huic materiae proprietates tribui, nullo argumento, nulla ratiocinatione confirmatas. Praeterea quum materia illa sit eximie elastica, seu quod idem est, polleat vi maxima repulsiva, explicanda superest vis illa, quam quidem si materiae aethereae inditam adfirment huius hypotheseos patroni, non video, cur minimis

materiae particulis vim attractivam tribui, tam aegre ferant. Tandem ¿qua ratione, qua alia causa explicabunt perturbatum atque celerrimum huius materiae motum? Novis certe sese implicant aliarum causarum ambagibus. Ex huius quaestionis obscuritate patet, quod iam saepe observavimus, difficillimam et fere desperatam esse primam effectuum naturalium mechanicam causam. Et re quidem ipsa praesentem controversiam aliasque id genus facile omitterem, nisi rerum obscuritas involveret experimenta plurima scitu dignissima, quae data occasione praetermittere nolumus.

ARTICVLVS II.

De fluidorum aequilibrio.

Fluidorum omnium, qualis est aqua, haec est lex primaria, quod nempe partes superiores graves sint in inferiores, seu in eas pressionem exerceant. Apud veteres scholasticos error invaluerat: fluida *in propriis elementis*, ut aiebant, *non gravitare*. Sed pressionem hanc et scholasticorum errorem demonstrant experimenta plurima, quorum unum referre satis erit: Ampulla vacua et accurate clausa aquae immergatur, staterae brachio suspensa: alteri staterae brachio appendatur pondus, donec habeatur aequilibrium. Si deinde reserata ampulla aqua impleatur,

haec in partem contrariam inclinabit.

Corol. Ex hac proprietate colligitur, fluidorum quiescentium superficiem in sphaerae segmenta telluri concentrica disponi. Etenim quum fluidorum particulae vi cuicumque cedant; vi gravitatis moveri debent, donec descendere amplius non possint, et singulae maneant in aequilibrio. Illud autem aequilibrium obtineri non potest, nisi singula superficiei fluidae puncta in segmentum sphaerae telluri concentricum fuerint disposita. Et quidem in hac particularum dispositione quaelibet particula premitur perpendiculariter ad telluris superficiem, ac proinde cum non magis tendat ad unam partem, quam ad aliam, totam fluidi massam quiescere necessum est. Ceterum heic ponimus tellurem sphaericam, et gravitatem ad centrum tendere. Porro quum exigua ingentis superficiei sphaericae portio tamquam superficies plana considerari possit, si magni non fuerint fluidorum quiescentium tractus; illorum superficies tamquam plana haberi poterit. Atque hinc pendet tota ars *libellandi.*

Observ. Si fluidum homogeneum infundatur tubo ex duobus cruribus cylindricis aequalibus et verticalibus composito, cuius crura duo communi cubo horizontali inter se iungantur; fluidum illud ad quietem pervenire non observatur, nisi eamdem in utroque crure obtineat altitudinem.

Coroll. Hinc evidens est, fluidum in tubo horizontali contentum a columnis fluidi verticalibus in partes contrarias premi. Si crus unum verticale, atque etiam tubi horizontalis pars aliqua resecentur; demonstrat experientia, ad sustinendum fluidum eamdem omnino vim requiri, quae necessaria foret ad sustinendum tubum cylindricum alteri cruri verticali aequalem, et ad eamdem altitudinem aqua repletum. Generatim succedit experimentum, quaecumque sit tubi crura duo iungentis inclinatio. Atque hinc facile colligitur, aequalem esse fluidorum undequaque pressionem. Haec autem proprietas, cui innititur tota fluidorum doctrina, rursus confirmatur, eamque obtinere ostenditur non solum in fluidis, quorum partes vi constante et secundum directionem datam sollicitentur, sed etiam si viribus quibuscumque urgeantur. Etenim fluidum includatur in vase cuiuscumque figurae, et embolo aliquo prematur; si vas illud in qualibet parte fuerit foramine pertusum, ad impediendum fluidi effluxum foramini adhibenda est pressio vi prementi omnino aequalis. Ex hoc experimento manifestum est, fluidorum particulas suam pressionem quaquaversum exercere, tum a summo deorsum, tum ab imo sursum, atque etiam ad latera secundum quamlibet directionem, et quaecumque sit vis fluidi particulas sollicitans. Et re quidem ipsa haec pressionis aequalitas ex

ipsa etiam fluidorum definitione statim derivatur. Ponamus, fluidum aliquod in vase quiescere, et particulam aliquam ex una parte magis premi, ex altera autem minus. Iam quia fluidorum partes vi cuicumque illatae cedunt; fluidi particulae moverentur secundum directionem vis maioris impressae, quod est contra hypothesim; aequalis ergo est in hanc particulam pressio undequaque.

Si corpus fluido totum immergatur, superficies illius inferior fluidi inferioris actione ab imo sursum premitur; superficies autem superior fluidi superioris actione a summo deorsum urgetur. *Si autem corpus solidum fluido immergatur ita, ut superficies solidi superior cum fluidi libella congruat: vel si solidum aliqua dumtaxat sui parte fluido immergatur; superficies solidi inferior fluidi inferioris actione ab imo sursum pellitur.* Atque hinc varia intelliguntur praeclarissima atque utilissima experimenta. Corpus in primo casu duplicis columnae fluidi viribus urgeri, ex dictis evidens est. Etenim columna superior agit in superiorem corporis immersi partem, columna autem inferior in partem corporis inferiorem. *In aliis autem casibus nulla est actio fluidi in superficiem corporis superiorem, sed huius superficies inferior fluidi inferioris actione sursum agitur.* Variae autem esse possunt corporis immersi conditiones. Etenim vel minorem habet gra-

vitatem specificam vel maiorem vel aequalem. Singulas partes explicabimus.

Prop. 1. *Si corpvs sit flvido specifice levivs, ad flvidi svperficiem enatabit.*

Dem. *Concipiamus, corpus solidum ita fluido superimponi, ut superficies illius inferior fluidi superficiei proxime contigua sit. Iam si corpus illud cum columna fluidi, cui incumbit, integram longioremque columnam componere fingatur*; quum columnarum fluidarum longitudo ab ipsa superiori fluidi parte computari debeat; longitudinum differentia aequalis est ipsi corporis crassitiei. Columna nempe, *cui corpus incumbit*, *ceteras* hac differentia superat. Quare corpus deorsum urgeri necesse est vi *maiori composita ex gravitate corporis et aequali columna fluidi.* Proinde corpus descendet; non tamen descendet totum. *Nam si corpus specifice levius totum immergeretur*, quum pondus *corporis ponderi* fluidi *esset substitutum*, iam vis minor *columnae fluidi, cui corpus corresponderet*, foret in aequilibrio cum vi maiori *aliarum* columnarum, quod est absurdum. Igitur tamdiu corpus debet *descendere*, donec pars *corporis* intra fluidum demersa eam expellat fluidi quantitatem, quae sit eiusdem ponderis cum toto corpore; *tunc enim columna-*

rum aequilibrium haberi manifestum est. Evidens enim est, in hoc casu aequalem esse columnarum fluidarum pressionem.

Prop. II. *SI CORPVS SOLIDVM FLVIDO SPECIFICE GRAVIVS FVERIT, IN FVNDVM PRAECPS RVERE NECESSVM EST.*

Dem. Etenim heic rursus attendi debet columnarum fluidarum differentia, ut in casu praecedenti. Evidens autem est, corpus sursum urgeri vi columnae fluidae inferioris, prorsus ut in casu praeced. At quia corpus immersum maiorem habet gravitatem specificam, vi reliqua seu virium differentia corpus praecipitari necessum est. *Sed heic etiam quum pondus corporis ponderi fluidi sit substitutum*, corpus eam amittit ponderis sui partem, quae aequalis est ponderi fluidi eiusdem cum corpore immerso voluminis; *eo enim pacto habetur aequalis columnarum pressio, adeoque et aequilibrium.* Contingit tamen aliquando, corpuscula leviora atque etiam graviora per satis longum tempus in eodem fluidi loco manere. Verum id facile intelligitur ex minima columnarum fluidarum differentia, quae tantilla est, ut resistentiam fluidi ex partium tenacitate oriundam superare non possit.

Prop. III. *SI CORPVS SOLIDVM IPSVMQVE*

FLVIDVM EAMDEM HABEANT GRAVITATEM SPECIFICAM; CORPVS TOTVM DEMERGITVR, SED IN EO SVBSISTIT FLVIDI LOCO, IN QVO CONSTITVITVR.

Dem. Et quidem in hoc casu corpus fluido impositum est pondus columnae fluidae additum. Rursus ergo columnae duae heic fingi possunt, diversae quidem altitudinis, sed tamen homogeneae. Quum enim corpus solidum eamdem habeat cum fluido gravitatem specificam, corpus illud considerari poterit tamquam aequale ponderi fluidi, et eiusdem voluminis. Igitur columnae omnes ad eamdem altitudinem reduci necessum est; quod fieri nequit, nisi corpus totum demergatur. Illud vero sustineri a fluido evidens est, quum amittat ponderis sui partem aequalem ponderi fluidi eiusdem cum corpore immerso voluminis. Amittit ergo totum pondus, ac proinde intra fluidum in quocumque loco quiescit.

Coroll. Ex hactenus demonstratis intelligitur, duplicem esse corporum intra fluidi gravitatem, *absolutam* scilicet et *relativam*. Gravitas absoluta est vis tota, qua corpus deorsum tendit; gravitas autem relativa est ea, qua corpus magis tendit deorsum, quam fluidum ambiens. Apud vulgus pondera corporum nihil aliud sunt, quam veri ponderis excessus supra pondus aëris. At pondera illa accurate distinguunt physici.

Ex his principiis originem habuit vulgatisima apud physicos statera, quae *hydrostatica* appellatur. Corporis pondus ad accuratam libram in aëre expendatur, iterumque in fluido aliquo ad stateram revocetur: differentia ponderum erit ipsum fluidi pondus eiusdem cum corpore immerso voluminis. Sunt enim gravitatis specificae, ut pondera sub eodem volumine. Quare fluidorum et solidorum gravitates specificae comparari inter se poterunt. Eiusdem staterae beneficio conferre etiam licebit diversas fluidorum gravitates specificas. Si enim idem corpus diversis fluidis immersum examinetur, erunt pondera in diversis fluidis amissa, ut eorumdem fluidorum gravitates specificae *respective*. Alia est facilior machina ad explorandas fluidorum gravitates specificas. Constat globulo vitreo, cuius extremitas inferior in sacculum desinit, extremitas autem superior in collum longius, et cavum terminatur. Sacculo infundi solet pauxillum mercurii, ut machinula in situ recto fluido innatet. Notetur primum totius machinulae simul cum addito mercurio pondus, quod dicatur P, *granisque* expressum ponatur. Deinde machinula liquori immergitur ad datam aliquam altitudinem, et in ea notatur prima divisio. Adiunguntur postea machinulae ponderi grana alia per vices, et pro granis singulis iterum notatur altitudo, ad quam machinula in liquore descendit. Ma-

china ita comparata liquorum omnium gravitati investigandae aptissima est. Nam remotis omnibus granis ita, ut machinula solum mercurium contineat, ipsa deinde immergatur alicui liquori, et perveniat v. g. ad quartam usque divisionem, in alio autem liquore ad sextam usque divisionem demergatur; erit gravitas specifica primi liquoris ad gravitatem specificam liquoris alterius, ut numerus granorum sextae divisioni conveniens ad numerum granorum quartae divisioni respondentem, ut patet. Nam machinula intra liquorem demergitur, donec portio fluidi eiusdem cum machinula immersa voluminis idem habeat pondus cum tota machinula. Quare quum gravitates specificae, eodem manente pondere, sint ut voluminis inverse (*ex demonst. in phys. gen.*); erunt gravitates specificae, ut partium immersarum volumina inverse, hoc est, ut immersionis altitudines inverse, sed altitudines demersionis sunt, ut granorum numeri additi; ergo gravitates specificae sunt, ut iidem numeri reciproce. Quare si numeri illi in ipso instrumenti collo fuerint descripti, statim exhibebuntur diversae gravitates specificae.

Heic data occasione non abs re erit explicare celebratissimum problema de corona Hieronis Syracusarum regis. Coronam fraude aurificis argento mixtam rex suspicatus, Archimedi inveniendum proposuit latentis ar-

genti cum auro subdole mixti portionem. Res huic ratiocinationi tota innititur. Si nihil argenti in corona Regis lateat, sumatur purissimi auri massa ipsi coronae pondere aequalis, ac proinde etiam eiusdem voluminis. Duae illae massae fluido immersae eamdem amittent ponderis sui partem. Verum si aliquid argenti misceatur, iam massa auri puri et pondere aequalis minus continebit volumen, quum aurum sit corpus, quod sub eodem volumine maiorem habeat materiae quantitatem. Quare massa auri minorem amittet ponderis sui partem, corona vero maiorem. Ponatur, coronam esse argento permixtam, sumaturque massa argenti puri, cuius pondus sit coronae ponderi aequale; haec maiorem, quam corona ipsa, ponderis sui partem in fluido amittet. His praemissis ita solvitur problema. Sit P pondus coronae, x pondus auri in corona contenti, y pondus argenti, p ponderis pars, quam massa auri in aqua amittit, q ponderis pars, quam amittit argentum, r pondus, quod corona amittit. Erit $\frac{px}{P}$ ponderis pars, quam massa auri x in aqua amitteret, et $\frac{qy}{P}$ erit pars ponderis, quam amitteret massa argenti y, ut patet ex demonstratis. Sunt enim ponderum partes amis-

sae, ut volumina, sive in hoc casu ob eamdem gravitatem specificam ut pondera. Sed in praesenti problemate ponderum iacturae simul aequantur ponderi r, quod corona amittit. Ergo $\frac{px}{P} + \frac{qy}{P} = r$. Praeterea $x + y = P$. Quare ex dictis duabus quaestionibus innotescunt quantitates incognitae x, y. Ceterum in hoc problemate solvendo duae requiruntur conditiones. 1a. Vt mixtura ex unica tantum materia fiat. Si enim duae laterent diversorum metallorum portiones, tres forent incognitae, et duae tantum aequationes. Quare problema foret *indeterminatum*. II.a Notam esse oportet metalli speciem. Paucis indicasse satis sit notissimum problema, quo invento prope amens gaudio e balneo exsiluit Archimedis clamans: *reperi*, *reperi*. Tanta est doctrinae vis ac suavitas aliis omnibus humanae vitae deliciis longe anteponenda.

Ad fluidorum aequilibrium pertinet quoque illorum pressio. Heic autem demonstranda est fluidorum comprimentium.

Lex primaria: PRESSIO, QVAM FLVIDA IN VASORVM BASES EXERCENT, QVAECVMQVE SIT ILLORVM FIGVRA, SEMPER AEQVALIS EST PONDERI COLVMNAE FLVIDAE, CVIVS BASIS EST IPSE VASIS FVN-

DVS, ALTITVDO AVTEM EST DISTANTIA PERPENDICVLARIS SVPREMAE SVPERFICIEI A FVNDO VASIS. Fig.

Si vas sit perpendiculare et eiusdem ubique diametri, res est evidens. Basis enim toto fluidi pondere premitur; pondus autem est, ut massa, hoc est, in praesenti casu, ut productum ex basi in altitudinem. At si vas sit utcumque inclinatum, et figurae etiam cuiuscumque ita, ut latera vel convergant vel divergant, demonstratio paullo difficilior est.

Prop. IV. *SI VAS FVERIT DIVERGENS, HOC EST, CONICVM VEL POTIVS CONI TRVNCATI PARS* GASC, *APICE SPECTANTE* I.
DEORSVM, IMPLEATVRQVE FLVIDO, AB EO PREMETVR FVNDVS AC, *QVANTVM FVNDVS CYLINDRI* ACBD *EIVSDEM ALTITVDINIS ET BASIS.*

Demonstr. Divisum intelligatur fluidum in strata fluida innumera et infinite parva eiusdem crassitiei. Iam concipiatur, vim gravitatis agere solummodo in strati superioris *GSgs* particulas. Eadem vi premetur quoque stratum proxime inferius *gsde. Sed quum huius secundi strati area minor sit, a superiori strato non premetur, nisi quod ad particulas contentas in area sibi aequali strati*

Fig. *superioris*, *pressione reliquarum particularum strati superioris a vasis parietibus sustentata.* Et singulae huius secundi strati non secus, ac primi particulae prementur aequaliter ob aequalem fluidorum undequaque pressionem. Iam secundi strati particula quaelibet urgetur vi propria gravitatis, adeoque singularum particularum pressio duplo maior fiet. Haec pressio duplo maior urgebit quoque aequaliter singulas tertii strati *defh* particulas, *quod ad aream sibi aequalem*, et particula quaelibet urgetur etiam vi propria gravitatis, ac proinde tripla fit pressio. Similiter pressione quadrupla urgentur quarti strati particulae, et ita deinceps. Igitur pressio, qua particula quaelibet urgetur, est ut stratorum fluidorum numerus; ac proinde pressio tota in fundum vasis est, ut numerus particularum fundo incumbentium, et numerus stratorum *coniunctim*, hoc est, ut basis ducta in vasis altitudinem. Hinc patet, fundum vasis non urgeri toto fluidi incumbentis pondere, sed aliqua solummodo ponderis parte, pondere reliquo a vasis figura sustentato.

Prop. V. SI FVERIT VAS CONICVM *AGSC*,
2. CONI BASSS *GS* SIT FVNDVS, APEX *AC*
SVRSVM SPECTET, IMPLEATVRQVE FLVIDO;
PREMETVR FVNDVS *GS* EADEM VI, AC
SI VAS CYLINDRICVM *RGST* EIVSDEM

BASEOS AD PAREM ALTITVDINEM FLVIDO IMPLETVM FVISSET.

Dem. *Concipiatur in cono columna media, cylindrica et longissima* ACBD, *tum reliquae columnae breviores eiusdem baseos* OIOD, FBEF *cet. Columna media et longior fundi partem* BD *toto suo pondere premit, eademque vi attollere conatur sibi proximas breviores* EE, OO. *Hae autem elevari nequeunt propter laterum resistentiam. Sed quum actioni aequalis et contraria sit reactio; eadem vi, qua latera coni a columnis* EE, OO *sursum premuntur, versus basim columnae illae reprimuntur. Quare illarum columnarum pressio in partes fundi* EB, DO *eadem est atque si incubuissent columnae* CDO, AEB. *Similiter de aliis columnis brevioribus ratiocinandum est. Adeoque totus fundus* GS *premitur vi eadem, ac si fluidum implevisset vas cylindri* RGST. Haec est notissima atque utilissima fluidorum proprietas, quam *paradoxum hydrostaticum* vocant; quum parva liquoris copia tantam in subiectum planum pressionem exerceat, quantam exerceret eiusdem liquoris massa centies, immo millies maior in eadem altitudine.

Ex his principiis pendet universa tuborum *communicantium* doctrina.

Prop. VI. SI TVBI DVO CVIVSCVMQVE AMPLITVDINIS, ET QVOMODOCVMQVE INCLINATI COMMVNI BASI IVNGANTVR, FLVIDVM HOMOGENEVM AD EAMDEM ALTITVDINEM IN VTROQVE TVBO SVBSISTIT.

Dem. Etenim quum pressiones sint in ratione composita basium et altitudinum (*prop. praeced.*); habebitur aequilibrium, si producta illa sint aequalia, hoc est, si altitudines fuerint aequales ob communem basim. Verum si tubi contineant fluida diversae densitatis, quo maior erit fluidi densitas, eo maior erit, ceteris paribus, particularum prementium numerus, ac proinde pressio in basim excitata erit in ratione composita basis, altitudinis et densitatis. Ideoque obtinebitur aequilibrium, si producta ex densitate in altitudinem fuerint respective aequalia, hoc est, si altitudines sint in ratione reciproca densitatum. Itaque hac methodo comparari poterunt inter se gravitates specificae fluidorum, quae sunt, ut densitates. Datis enim fluidorum altitudinibus, nota etiam erit gravitatum specificarum ratio.

Demonstratis hactenus fluidorum legibus contraria sunt *tuborum capillarium* phaenomena. Tubi capillares appellantur minimi canaliculi, qui capillorum tenuitatem fere imitantur. In his tubis illud est omnino singu-

lare; si nempe tubi capillaris utrimque aperti extremitas una aquae immergatur, ad altitudinem satis magnam aqua adscendet, ibique manebit suspensa. Si autem plures tubi capillares eidem fluido immittantur, ad diversas altitudines adscendet fluidum, eritque altitudo in ratione reciproca diametri. Experimentum illud, quod praecipuum est, referre nunc satis sit. Cetera vero tuborum capillarium phaenomena in sequenti conclusione describemus atque explicabimus.

CONCLVSIO.

Ex mvtva aqvae et vitri attractione repetenda videntvr tvborvm capillarivm phaenomena.

Prob. Aquam a vitro suspendi et retineri quotidianis experimentis patet. Si tubo vitreo ad horizontem inclinato gutta aquea adhaerescat, haec deinde aucto pondere non secundum directionem perpendicularem decidit, sed iuxta latus tubi ad oram infimam devolvitur. Vitrum quoque ab aqua retineri et suspendi, certissimum est. Si enim lamellae vitreae aqua perfusae, imponatur horizontaliter tubulus vitreus, hic ab aqua aegre sursum distrahitur, immo tubulus ille non decidit, etiamsi deorsum spectet, lamina scilicet inversa. De hac mutua attractione iam

multa explicavimus in physica generali. Verum haec atttractio satis non est, ut statim concludamus, huic mutuae attractioni referendum esse adscensum aquae per tubos capillares. Ostendi enim debet, quomodo et quare aqua ad hanc vel illam altitudinem in datis quibusdam circumstantiis adscendat. Vt autem ex legibus attractionis distincte explicentur tuborum capillarium phaenomena, mutua quoque particularum aquearum attractio illarumque pondus considerari debent. Itaque ex trium virium compositione tota quaestio pendere videtur, nempe ex mutua vitri et aquae attractione, ex particularum aquearum attractione inter se, et tandem ex ipsa particularum aquearum gravitate.

Moleculas aqueas se invicem attrahere, iam demonstravimus in physica generali. Neque necesse est, ut demonstremus, eas graves esse. Iam vero attractioni resistit molecularum aquearum gravitas, quod quidem evidens est. Quare si pondus guttae maius evadat, quam attractio sustinere possit, iam guttam relabi necessum est. Atque hinc fit, ut vapores aquei, si in guttam satis magnam coalescant, quod in fenestris observari solet, tandem defluant. Aquam ad vitrum fortius attrahi quam ad aquam, ostendunt experimenta. Si tubo vitreo ad angulos rectos iungatur crus capillare, tuboque immitatur aqua, donec guttula ex cruris capillaris ori-

ficio defluat, haec non statim decidit, sed pro maiore vel minore cruris capillaris ad horizontem inclinatione vel elevatione, motu retrogrado infra tubum capillarem haerebit, et guttulam ovalem formabit. Aucto pondere per novae aquae adfluxum, guttula turgidior magisque protracta evadet: crescente pondere, gutta separari incipit, lapsumque minitari. Observandum autem est, separationem non fieri in ipsa vitri superficie; sed in notabili distantia incipit aqua in duas partes dividi, quarum superior vitro adhaeret, altera autem rupto tandem collo intermedio decidi. Porro si mutua aquae cohaesio vel attractio validior foret vi attractiva vitri, omnis aqua a vitro avelli deberet. Hinc fit, ut vitrum aquam omnem, quam attraxit, numquam dimittat, sed partem aliquam retineat, quantum potest. Eadem de causa gutta aquea in fenestrarum vitris pondere suo delapsa semitam madidam relinquit, et ampullae omnes aqua imbutae, effusa etiam aqua, aliquantulum madidae remanent. Contrarium in mercurio observatur. Si enim mercurii globulus minimus vitro adhaerens augeatur, ut pondus vim attractivam vitri superet, tum tota, quanta est mercurii massa, in unum globum coalescens decidit, nec quidquam, dummodo mercurius purus fuerit, vitro adhaerescit, ita, ut nullum mercurii maneat vestigium. Ex his omnibus patet, in ex-

plicando adscensu aquae per tubos capillares sedulo distinguendum esse inter effectus, qui a mutua actione vitri et aquae oriuntur, et inter eos, qui mutua particularum aquearum attractione illarumque gravitate producuntur.

His iam observatis, ita explicari posse videtur aquae per tubos capillares adscensus. Dum tubus capillaris superficiei aquae admovetur, particula fluida in ipso contactu tribus diversis viribus sollicitatur. Primo enim versus annulum infimum superficiei internae vitri impellitur vi mutuae attractionis inter vitrum et aquam. Deinde huic adscensui resistit exigua fluidi attolendi massa pondere suo. Denique attractio, quae inter particulas aqueas in vase contentas intercedit, ipsam separationem impedit, atque hinc cylindrulus aqueus producitur. Est autem vis attractiva fortior inter aquam et vitrum, quam inter ipsas aquae particulas. Aqua igitur tubi capillaris cavitatem tantillum ingredi debet. Eadem valet ratiocinatio, ubi iam aliqua portio aquae tubulum ingressa in cylindrulum aqueum adscendit, id nempe tamdiu valere debet, quamdiu vis attractiva vitri oppositas vires superat. Itaque tota interna tubi capillaris superficies aquam attrahit, non quidem simul et eodem tempore, sed per gradus diversisque tempusculis. Hanc vero attractionem exercet tantum annulus ille vitreus, qui singulis tempusculis superficiei aquae conti-

guus est, ut patet. Neque enim pars superior tubi, quum levissima sit attractionis sphaera, quidquam agere potest; neque etiam superficiei vitreae pars illa, cui aqua iam attracta accumbit. Superest ergo, ut adscensus tribuatur annulo vitreo proxime superiori.

Vt autem singula tuborum capillarium phaenomena intelligantur, probe notandum est, cylindrum aqueum, qui intra tubum capillarem adscendit, gravem esse, et sua gravitate adscensui resistere. Verum in cylindro aqueo duo accurate distingui debent. Quum attractio aquae in vitrum ad minimam tantum distantiam vigeat, totus cylindrus a vitri parietibus non attrahitur; sed ea pars dumtaxat, quae in ipsa attractionis sphaera continetur. Quare si annihilari fingamus totam illam aquae partem, quae extra attractionis vitri limites posita est, iam in tubo capillari suspensus maneret canaliculus aqueus cavus in minima et ubique aequali a vitro distantia. Itaque reliquus cylindrus in hoc canaliculo cavo contentus non retinetur vi attractiva vitri, sed mutua particularum aquearum cohaesione. Huius autem cylindri massa ipsam canaliculi massam longe superat, et vi ponderis sui cohaesioni resistit. At canaliculus vi attractiva vitri cohibetur omnino, et firmiter adglutinatur ita, ut pondere proprio divelli et descendere nequeat. Est enim canaliculi huius crassities minima, eiusque

ponduſculum reſpectu vis attractricis in vitrum minimum ita, ut iſte canaliculus quaſi pondere omni deſtitutus fingi poſſit.

Ex dictis autem colligi poteſt, cylindrulum aqueum in tubo capillari ſuſpenſum ſolo ſupremo canaliculi annulo ſuſtineri. Vitrum enim ſolum canaliculum ſuae attractioni convenientem ſuſtentat, ac proinde cylindrulus a vitro immediate non ſuſpenditur. Inter canaliculi et cylindruli ſuperficies ſibi mutuo contiguas intercedit quidem attractio: ſed haec ad ſuſpenſionem cylindruli nihil confert. Etenim ſi diviſus intelligatur totus canaliculus in annulos innumeros altitudinis infinitae parvae, dividaturque totus cylindrulus in totidem ſectiones ſive lamellas; quantum lamella una ſurſum vel deorſum trahitur, tantum per lamellas utrinque proximas, itemque per annulos utrimque proximos impeditur. Actio enim utrimque aequalis eſt et contraria. Quare cohaeſiones, quae inter ſingulos annulos lamellaſque reſpondentes intercedunt, ſeſe mutuo deſtruunt. Itaque ſolus nexus lamellae ſuperioris deſtrui non poteſt per aliam incumbentem, in quam annuli ſupremi attractio agere poſſit. Sola igitur cohaeſio inter annulum ſupremum et lamellam ſupremam efficax permanet, atque vi mutuae attractionis particularum aquearum ab ea pendent reliquae omnes ſubſequentes lamellae; ideoque totus cylindrulus ope lamellae ſuae ſupremae

a solo supremo canaliculi annulo suspenditur. Iam vero, quia vis sustinens semper est eadem, nempe vis attractiva, quae inter particulas aqueas supremi annuli et supremae lamellae intercedit, pondus autem sublevandum continuo crescit; hinc sequitur, suspensionem non nisi ad determinatam aliquam altitudinem locum habere, quam ubi aqua adscendens attingit, iam aequilibrium fieri necessum est. Quiescit igitur aqua, et adscensus cessat.

Ex dictis autem facile determinari posset altitudo, ad quam fluidum adscendit, si nota esset attractionum lex. Vis, qua fluidum extrahitur a vitro sit p, vis, qua fluidi particulae sese mutuo attrahunt, dicatur q, diameter tubi sit d, et altitudo c. Iam quia fluidum per vices attollitur vi annulorum trahentium, qui sunt ut columnarum fluidarum periphaeriae sive ut diametri; erit vis, qua fluidum sursum trahitur, ut diameter annuli, et attractionum fluidi ad vitrum atque fluidarum particularum inter se differentia coniunctim. Illa enim mutua particularum fluidarum attractio contraria est attractioni fluidi ad vitrum. Erit ergo vis tota, ut $d\,(p-q)$, cui, dum fit aequilibrium, aequale esse debet pondus columnae fluidae cd^2. Quare $cd^2 =$

$d\,(p-q($ et $c = \frac{p-q}{d}$. Quia vero differentia

virium $p-q$ constans est, eodem manente fluido; patet, altitudines eſse in ratione reciproca diametrorum, ut demonstrant experimenta. Probe autem notandum est, cylinduli fluidi diametrum pro ipsa tubi diametro a nobis usurpari; quod facere licet ob exiguam et fere infinitesimam attractionis sphaeram. Plurima alia tuborum capillarium phaenomena in huius conclusionis progressu explicabimus, atque explicationis veritatem magis ac magis confirmabimus. Interim concludere licet: non plures admittendae sunt causae, quam quae et verae sunt, et phaenomenis explicandis sufficiunt; atqui in praesenti explicatione res ita se habet: vim attractivam vitri et aquae mutuam particularum aquearum attractionem experimenta demonstrant; has autem vires explicandis tuborum capillarium phaenomenis sufficere demonstravimus, atque in obiectionibus refellendis confirmabimus; ergo ex mutua aquae et vitri attractione repetenda sunt tuborum capillarium phaenomena.

SOLVVNTVR OBIECTIONES.

Obiect. 1. Quamvis sese mutuo attrahant fluidorum moleculae, eaeque ad vitrum attrahantur, ignota tamen est huius attractionis lex, atque ea de causa factum est, ut variae sint physicorum opiniones. Alii nempe

ut Hauksbeius, totius concavae superficiei annulis successive trahentibus adscensum aquae tribuunt, quae quidem opinio in praesenti conclusione explicata est. Alii autem, ut Iurinus, suspensionem aquae referunt in solam confirmationem superficiei concavae, cui superficiei contigua est, proximeque adhaerescit superior aquae superficies. His positis sic argumentari licet: attractioni referenda esse tuborum capillarium experimenta, sine ullo fundamento adfirmatur, si incerta omnino sit talis attractionis lex, atqui ignota prorsus est illius attractionis lex: ergo falsa est conclusio. Resp. N. mai. Re quidem vera huius attractionis lex cognita non est. Hoc unum adfirmare possumus: hanc attractionem neque esse in ratione duplicata inversa distantiarum, in contactu enim longe validior est haec attractio, quam pro talis attractionis lege; neque etiam esse potest in ratione triplicata distantiarum, in contactu enim foret infinita. Superest ergo, attractionem illam servare legem aliam, quae sit, ut certa functio, quam in physica generali iam explicavimus. Porro certissimum est, innumeras fingi posse attractionis leges, quae tuborum capillarium phaenomenis satisfaciant. Quamvis autem explorata nondum sit lex illa, inde tamen minime concludi potest, nullam esse; qûum attractionis phaenomenon generatim compertum sit, nec repugnet lex a-

liqua tuborum capillarium experimentis probe satisfaciens. Iam quod spectat ad diversas physicorum opiniones, duae sunt tantummodo, quae aliquid difficultatis habere possunt; aliarum enim falsitas demonstrata est omnino. Nos quidem probavimus Hauksbeii opinionem, si de adscensu fluidi sermo sit. Aqua nempe adscendit attractione totius concavae superficiei ipsius tubuli, cui cylindrus aqueus successive adhaeret. At falsa est opinio Hauksbeiana, si sermo sit de causa suspensionis aquae in tubo capillari iam quiescentis. Ostendimus enim, cylindrulum aqueum in tubo capillari sustineri vi attractiva superficiei annularis internae tubuli, mediante annulo canaliculi aquei, cui suprema cylindruli suspensi superficies cohaeret, et contigua est.

Neque satis feliciter Hauksbeii opinionem refellit Iurinus hac ratiocinatione. Quum nempe, inquit Iurinus, altitudo aquae in tubis capillaribus semper sit in ratione reciproca diametri; hinc sequitur, quantitatem constantem semper esse superficiem illam, quae suspensam aquam sustinet; sed columna aquea suspensa in quolibet tubo semper est ut diameter. Quare si attractio totius superficie internae aquam suspenderet, inde colligeretur, causis aequalibus effectus innaequales produci, quod est absurdum. Sed tota haec Iurini ratiocinatio facile refellitur. Nullius usu-

est notissimum principium ; *effectus* nempe *causis suis proportionales esse*, nisi agatur de causa prima et unica ; non vero si agatur de effectu aliquo, qui oritur ex causis plurimis et seorsum aestimandis. Ita dum adscensus aquae in diversis tubis capillaribus inter se comparantur, superficiei cuiusque attractio oritur ex attractionibus singularum particularum vitri in singulas aquae particulas. Quia autem vires singulae, quae vim totam superficiei unius componunt, non sunt aequales inter se, ex duarum superficierum aequalitate concludi non potest attractionis aequalitas, nisi cetera sint paria. Simili ratione, etiam si consideretur, solum annulum superiorem aquae contiguum attractionis causam esse, inde concludi minime posset, pondus suspensum huic diametro proportionale esse ; huius etiam annuli vis tota haberi non potest, nisi virium singularum summa habeatur. Quaestionem hanc ad sublimiorem geometriam revocavit vir doctissimus D. Clairaut in eximio opusculo *de figura telluris*. Sed rem faciliori doctrina tractasse, nobis satis sit. Ceterum clarissimi viri tuborum capillarium phaenomena ex vi attractiva repetunt, et in solo explicandi modo differunt.

Obiect. 2. Vis attractiva in omni fluidorum specie sese manifestaret : quod tamen experientiae repugnat ; nam mercurius per tubum capillarem non solum non adscendit, sed

infra libellam descendit; et quidem eo magis, quo minor est tubi diameter; ergo falsa est conclusio. Resp. N. cons. Ex doctrina hactenus explicata intelligitur, qua de causa mercurius per tubos capillares descendat. In huius conclusionis probatione demonstravimus, fluidi per tubos capillares altitudinem esse in ratione directa differentiae virium attractivarum fluidi ad vitrum, et fluidarum particularum inter se, atque in ratione reciproca diametri, quam rationem hac formula exhibuimus $c = \frac{p-q}{d}$. Si quantitas $p-q$ sit adfirmativa, iam altitudo est positiva, et aqua supra libellam adscendit. Verum si fluidarum particularum attractio mutua maior sit quam attractio ad vitrum, ut contingit in mercurio, hoc est, si q maior sit quam p, iam quantitas c fit negativa; ac proinde adscensus mutatur in descensum, atque descensus ille erit reciproce, ut diameter, quod cum experimentis probe consentit. Simili ratione, quia virium differentia $p-q$ in infinitum variari potest, hinc diversissimae altitudines oriuntur pro fluidorum varietate, atque etiam pro diversa tuborum capillarium vi attractiva. Inde etiam intelligitur, quare tubo capillari ab aqua avulso, suspensa tamen aqua remaneat intra tubum, si tantisper attollatur.

Et quidem in formula $c = \frac{p-q}{d}$ evanescit vis q, manetque vis tota p non imminuta. Haec autem omnia phaenomena per nullum fluidum, ne quidem per aetherem cartesianum explicari posse videntur. Et certe si fluidum aliquod sit adscensus causa, nulla ratione intelligitur, quid ad maiorem altitudinem conferat, si tubus capillaris ab aqua extrahatur. Multo minus reddi poterit ratio, cur fluida quaedam graviora altius adscendant, contra autem humilius subsidant fluida alia minus gravia. Et quidem fluidum premens, quodcumque sit, in fluidum specifice levius vim maiorem exerceret. Neque est, quod heic refellamus commentitiam de inaequali aëris pressione quorumdam philosophorum opinionem. Hypotheseos commentum satis demonstrant experimenta, quae felicius succedunt in vacuo boyliano, quam in aëre aperto.

Obiect. 3. Observavit diligentissimus vir Muschenbroëkius, pro maiori tuborum capillarium altitudine ad maiorem quoque altitudinem fluida elevari. Illud vero experimentum totam attractionis doctrinam evertere videtur. Etenim attractio illa, quae adscensum per tubos capillares produceret, in minimis dumtaxat distantiis agere debet. At causam adscensus diffusam esse per totam tubi longitudinem, demonstrat Muschenbroëkius ex-

perimentum. Quare posito experimento sic argumentantur aliqui : ea admitti non debet praemissorum phaenomenorum causa, quam experimenta ipsa destruunt ; atqui Muschenbroëkii experimentum totam doctrinam in probatione conclusionis adductam destruit ; ergo falsa est conclusio. Resp. C. mai. N. min. Muschenbroëkii experimentum saepius fuit iteratum , et successu caruit. Summa diligentia capta fuerunt fluidi altitudines in diversis tubis , atque ad eas nihil omnino conferre diversam tuborum altitudinem , constanter observatum est. Nec tamen clarissimum Muschenbroëkium alicuius oscitantiae in faciendis experimentis accusare quis audeat. Tales enim errores vix ulla diligentia aliquando vitari possunt. Subtilissima enim experimenta illa pendent ex interna tuborum capillarium superficie, quae eximie perpolita , et eiusdem accurate diametri esse debet ; quae quidem experimentorum subtilitates periculosae omnino sunt , et difficiles. Ceterum clarissimo viro veniam nos damus , petimusque vicissim.

Prolixius esset singula explicare experimenta : causam generatim indicasse satis sit; ad aliam enim properare nos iubent et praescripta veritas et maior fortasse utilitas. Praetermittere tamen non licet hypothesim , quam Vosii aut Borelli aut Carrei appellant. Adiumentum scilicet adscensus in abolita gravita-

tione quaesiverunt. Aiunt nempe, cylindrum suspensum nullam pressionem in subiectam aquam exercere, et destructa gravitate id fieri, praecipitanter adfirmant, quod scilicet pondus cylindri in tubo levius factum sit respectu aquae in vase, ideoque rupto aequilibrio aqua debet adscendere, non secus ac fieri demonstravimus, ubi fluida duo sunt diversae gravitatis specificae. Hypothesis illa, quam magno apparatu refellunt aliqui, primis physicae principiis repugnat. Et quidem lapis e fune pendens ¿numquid levior evasit? ¿An minor potentia requiritur, ut sursum tollatur? ¿An igitur cylindrus aqueus omni sua gravitate vi illum sublevanti non resistit, quia cum vitro cohaeret? Sed haec satis dicta sint. De hac autem celeberrima quaestione, ut alios praetermittam scriptores plurimos, legantur opuscula, quae *in commentariis petropolitanis tom. 8. et 9.* tradidit vir doctus, aeque ac diligens Weitbrechtius.

ARTICVLVS III.

De fluidorum motu.

Si particularum fluidarum figura mutuaque dispositio physicis compertae essent, ad vulgares et in physica generali demonstratas motuum leges revocari possent fluida. Problema enim semper determinatum est, si invenien-

da proponatur mutua corporum actio, dummodo nota sit eorumdem corporum figura positioque respectiva. At in praesenti argumento dolendum est, quod problema non sit geometrice determinatum, sed experientias difficiles atque etiam hypotheses requirat. Quare heic pauca tantum exponemus, quae experimentis et facili ratiocinatione innotescunt.

Prop. I. SI FLVIDVM ALIQVOD VI COMPRIMENTIS FLVIDI MOVEATVR VELOCITAS FLVIDI PER LVMEN ALIQVOD EXEVNTIS AD DATAM QVAMLIBET ALTITVDINEM EA EST, QVAM FLVIDVM ADQVIRERET CADENDO EX EADEM ALTITVDINE DATA.

Dem. Hanc velocitatum legem demonstrat experientia, et facilis ratiocinatio confirmat. Etenim si fluidum aliquod vi alterius fluidi prementis e tubo cylindrico exeat, vis comprimens est ut pondus fluidi prementis, nempe ut productum ex basi in altitudinem. Quia vero idem tubus consideratur, cuius proinde eadem basis est, mutata tantum fluidi altitudine, erit pondus comprimens ut fluidi altitudo. Est autem vis comprimens, ut quantitas motus dato tempore genita, hoc est, ut quantitas fluidi dato tempore exeuntis per velocitatem multiplicata. Sed quo maior est velocitas, eo maior est fluidi quantitas dato tempore erum-

pens ; ergo quantitas motus est, ut quadratum velocitatis, ac proinde altitudo est in ratione duplicata velocitatis, et velocitates sunt in ratione subduplicata altitudinum. Atque haec est ipsa lex, quam descendendo servant corpora solida.

Prop. II. SI TVBI DVO EIVSDEM DIAMETRI ET EIVSDEM ALTITVDINIS RECTI FVERINT VEL QVOMODOCVMQVE INCLINATI, EAMDEM FLVIDI QVANTITATEM IISDEM TEMPORIBVS PER AEQVALE LVMEN EFFVNDENT.

Dem. Etenim si in tubis duobus omnia fuerint paria, res est evidens. At demonstratum est, eadem manente altitudine, tubi perpendicularis vel inclinati fundum aequaliter comprimi ; eaedem ergo fluidi quantitates eodem tempore exeunt. Atque hinc etiam facile colligitur, *eadem* manente tuborum altitudine sed mutata diametro basis, fluidi quantitates esse ut bases ; ac proinde in ratione duplicata diametrorum.

Coroll. Hinc data quantitate aquae ex tubis duobus effluentis, dataque tubi alterutrius altitudine, inveniri facile potest tubi alterius altitudo. Etenim quum sit quantitas aquae dato tempore effluens, ut ipsa velocitas, ac proinde in ratione subduplicata altitudinis; statim per regulam trium invenitur aquae in

altero tubo altitudo quaesita. Similiter data altitudinum ratione et data quantitate aquae ex tubo alterutro effluentis, inveniri poterit quantitas aquae eodem tempore e tubo altero exeuntis.

Prop. III. TANDEM SI TVBORVM ALTITVDINES SINT INAEQVALES, ET INAEQVALIA ETIAM FORAMINA; ERVNT QVANTITATES AQVAE EODEM DATO TEMPORE ERVMPENTIS IN RATIONE COMPOSITA EX DVPLICATA DIAMETRORVM FORAMINVM ET SVBDVPLICATA ALTITVDINVM.

Haec autem omnia maximae sunt utilitatis, si certa aquae portio pro data ratione per varias canales distribui debeat. Verum in his omnibus attendere oportet, et variis experimentis probare canalium asperitatem. Haec enim aquarum fluentium velocitatem maxime retardat.

In praecedentibus demonstrationibus probe observandum est, aquarum velocitatem a nobis investigari in hypothesi tantum, quod fluidum exeat vi alterius fluidi comprimentis. Evidens autem est, has demonstrationes transferri non posse ad effluxum aquae per tubum cylindricum utrimque apertum et sine fundo ullo, quod tamen in omnibus fere physicarum institutionum libris factum legitur. Etenim manifestum est, in hoc casu fluidum

instar massae omnino solidae per tubum de- Fig.
scendere. Neque enim partes, quae eadem moventur velocitate, ullam in se mutuo pressionem exercent. Si autem fluidum per foramen fundo aptatum exeat, tunc particulae singulae pressionem aliquam obliquam et e latere sustinent ab aliis contiguis fluidi columnis. At pressionem illam aequalem esse ponderi columnae fluidae, cuius basis est ipsa foraminis amplitudo, non sine difficiliori geometriae apparatu demonstrari potest. Neque rem certo conficiunt vulgares physici, qui facilioribus utuntur principiis. Verum quia nec difficiliorem demonstrandi rationem adhibere nobis licet, nec demonstratione minus accurata uti nobis placet, satis sit observare, hanc fluidorum descendentium legem experientia comprobatam esse, atque etiam geometrice demonstratam, si minima sit foraminis amplitudo.

Prop. IV. SI FLVIDVM ALIQVOD IN VASE
GH ln CVIVSCVMQVE FIGVRAE DEFLVAT, 3.
ET IN EODEM STATV VBIQVE MANEAT, HOC EST, IN NVLLO LOCO INTVMESCAT VEL DETVMESCAT; DIVISO FLVIDO IN SECTIONES *cg*, *hn* AD *Em* PERPENDICVLARES, ERIT CVIVSCVMQVE SECTIONIS VELOCITAS IN RATIONE INVERSA LATITVDINIS, HOC EST, VELOCITAS IN *cd* ERIT AD VELOCITATEM IN *hk*, VT *hk*, AD *cd*.

Dem. Etenim ponantur volumina *cdeg*, *egrs*, *hkln*, *lnpq* indefinite parva et aequalia. Dum portio fluidi *cdeg* perveniet in *egrs*, portio *hkln* fluet in *lnqp*. Quare velocitas in sectione *hn* erit ad velocitatem in sectione *cg*, ut *af* ad *im*, nempe ut spatia iisdem temporibus percursa (*art.* 1. §. 11. *part.* 1. *sect.* 1. *cap.* 1.). Iam vero (*ex hyp.*) $af \times cd = hk \times im$, ac proinde $af : im = hk : cd$. Quare velocitates, quae sunt ut *af* et *im*, erunt etiam ut *hk* et *cd*.

Principium illud ad fluminum cursum transferri potest. Flumen *in eodem statu manere*, vel *in statu manente esse* dicitur, si inter fluendum nusquam attollitur eius superficies vel deprimitur. Quare si flumen in statu manente perseveret, velocitates erunt in ratione sectionum reciproca, sive aequalibus temporibus aequales aquae quantitates fluent per singulas fluminis sectiones, si tamen cetera omnia fuerint paria. Etenim transire ponatur plus aquae per sectionem *cg*, quam per sectionem *hn*; intumescit aqua inter has sectiones, nempe in *cdhk*. Sin vero plus aquae flueret per sectionem *hn* quam per *cg*; aqua inter has sectiones deprimeretur contraria ratione, ac proinde flumen non in eodem statu maneret. Sed de fluminum cursu multa et quidem utilissima in appendice observabimus.

Prop. v. SI AQVA FLVAT PER TVBVM VEL

PER CANALEM, EX QVO DEINDE AD VERTICALEM ALTITVDINEM RESILIRE POSSIT, SECLVSIS OMNIBVS IMPEDIMENTIS, AD EAM, EX QVA DECIDIT, ALTITVDINEM PERVENIET, QVAECVMQVE SIT TVBI VEL CANALIS INCLINATIO.

Dem. Id autem facile colligitur ex corporum descendentium lege, quam a fluidis etiam servari ostendimus. Consulere heic debent tirones, quae de corporum descensu in physica generali demonstravimus. Inde etiam evidens fit, fluidum data aliqua velocitate per altitudinem perpendicularem adquisita e tubo inclinato effluens pet curvam parabolicam relabi, prorsus ut faciunt corpora solida.

Ex hac doctrina instrumenti cuiusdam occasionem nactus est D. Pitot academiae parisiensis socius. Adhibet tubum inflexum, cuius pars superior verticalis est, pars autem inferior horizontalis, quam aquae fluenti immergit. Iam aqua tubum horizontalem ingressa ad certam altitudinem in tubo verticali adscendit, ad eam scilicet altitudinem, ex qua fluidum cadendo adquireret quaesitam velocitatem. Atque hinc vir clarissimus amnis profluentis velocitatem in diversis locis, diversisque altitudinibus aestimare tentavit; sed irrito prorsus conatu. Et quidem aqua in tubum horizontalem influens in ipso crurum angulo resistentiam maximam experitur, cui re-

sistentiae iungenda est retardatio ex mutuo partium attritu oriunda. Ex iisdem principiis velocitatem sanguinis per animalium venas et arterias fluentis aestimare iam antea conatus erat, sed infeliciori successu, clariss. Halesius, qui in eximio opere, cui titulus est: *statica animalium*, minimum tubulum eo fere, quem diximus, modo comparatum, se inseruisse refert sectis animalium venis et arteriis, ut ex sanguinis exsilientis altitudine velocitatem expiscaretur. Sed non video, quaenam ex tali instrumento haberi possit utilitas. Nam praeter incommoda cum instrumento praecedenti communia, alia sunt plurima. Nempe venae et arteriae sectio magis vel minus nitide terminata, magis minusve angusta, sanguinis retardatio ex animalium canalibus in aërem exsilientis, aliae sunt difficultates omnino insuperabiles. Quare patet, talia experimenta nihil omnino conferre ad determinandam sanguinis velocitatem in statu suo naturali. Illud autem problema a *physico-medicis* saepius tentatum, et geometriae atque algebrae magno apparatu ornatum doctissimorum quoque geometrarum vires longe superat, nisi fictitiis hypothesibus utantur. Satius ergo esset talia problemata pro desperatis relinquere, et alia valetudini nostrae utiliora investigare.

ARTICVLVS IV.

De resistentia fluidorum.

I.

De hac intricatissima doctrina algebrae etiam reconditiori fere impervia, pauca tantum delibare licebit, praemissis quibusdam de fluidorum percussione principiis.

Prop. 1. SI PLANA DVO AEQVALIA ET IMMOTA, VT *DC*, INCVRRENTE FLVIDO DIRECTE PERCVTIANTVR, ERVNT PERCVSSIONES SIVE ICTVS IMPRESSI VT QVADRATA VELOCITATVM. SI AVTEM VELOCITATES SINT AEQVALES, SVPERFICIES AVTEM INAEQVALES; PERCVSSIONES ERVNT VT SVPERFICIES. TANDEM SI INAEQVALES FVERINT VELOCITATES ET SVPERFICIES; ERVNT PERCVSSIONES VT SVPERFICIES ET QVADRATA VELOCITATVM SIMVL *. 4.

* *Propositio isthaec non ita generaliter admitti debet, ut non aliquae conditiones in considerationem venire debeant. Eas, adhibitis debitis correctionibus, ad formulas universales redegit nostras Georgius Joan in aureo opere* examen maritimo. *Praedecessorum physicorum ea de re tentamina regulasque correxit profundissimus mathematicus sagacissimusque observator.*

Dem. Etenim considerentur fluidi filamenta *AD*, tamquam ex minimis globulis composita, quorum alii post alios suo ordine moventur. Iam quilibet globulus tamquam corpus solidum potest considerari. Ponatur autem in fluido *AD* velocitas triplo maior; globulorum numerus triplo maior eodem tempore moveri debet, ac proinde quantitas motus seu ictus magnitudo erit, ut productum ex massa triplo maiori in velocitatem triplo maiorem. Sed quo maior est velocitas, eo maior est globulorum eodem tempore incurrentium numerus; ergo ictus impressus, ceteris paribus, est ut quadratum velocitatis. Praeterea si eadem manente velocitate inaequales fuerint superficies; quo maior est superficies, eo maior erit particularum eodem tempore incurrentium numerus. Ac proinde ob eamdem velocitatem quantitas motus erit ut particularum numerus, hoc est, ut superficies. Quare si diversa fuerit velocitas et diversa etiam superficies; erit percussio seu ictus magnitudo in ratione composita ex simplici superficierum et duplicata velocitatum.

Nec difficilius invenietur percussio obliqua. Superficies duae aequales *DC*, *DE* eidem fluido incurrenti obiiciantur, una quidem *DC* directe, altera autem *DE* oblique. Quum singula fluidi filamenta secundum directiones parallelas *BD*, *AC* incurrant (*ex*

hyp.) , angulus FDE aequalis erit angulo alterno DEG. Iam sumatur DE vel DC pro radio vel sinu toto , erit DG sinus anguli DEG vel FDE ; sed numerus filamentorum directe incurrentium est ad numerum filamentorum , quae incurrunt oblique , ut DC ad DG ; et praeterea, ceteris paribus , percussio obliqua est ad percussionem directam ut DG ad DC , hoc est , ut sinus anguli incidentiae ad sinum totum (*ex demonstratis in physica generali*) ; ergo percussio directa est ad percussionem obliquam , ut quadratum sinus totius ad quadratum sinus anguli incidentiae. Si autem superficies fuerint etiam inaequales , erit percussio directa ad obliquam in ratione ex his composita , nempe percussio directa est ad obliquam ; ut quadratum sinus totius et superficies simul , ad quadratum sinus incidentiae et superficiem simul. Quare etiam evidens est , superficierum inaequalium percussionem obliquam esse in ratione duplicata sinuum incidentiae et superficierum coniunctim.

His praemissis de fluidorum percussione, iam pauca explicabimus de resistentia , quam corpora in fluido delata experiuntur. Si corpus aliquod in fluido moveatur , occurrentes fluidi particulas percutit , et in eas transfert aliquam motus sui partem. Hinc corporis velocitas retardatur , atque tandem omnino exstinguitur. Itaque resistentia proportionalis est

quantitati motus amissae, vel etiam, quod idem est, producto ex quantitate fluidi, quae loco movetur, in velocitatem adquisitam. Quare si corpus velocitate uniformi moveatur in medio resistente, necessum est, huic corpori perpetuo applicari vim aliquam, quae fluidi resistentiam indesinenter superet, alioqui motum suum tandem amitteret. Haec autem vis eadem perpetuo manere debet. Quum enim mobile temporibus aequalibus spatia aequalia percurrat, eamdem temporibus aequalibus resistentiam debet experiri. Iam ponamus, corpus aliquod in fluido moveri velocitate triplo maiori; eodem tempore spatium triplum percurrit, quod fieri non potest, nisi fluidi volumen triplo maius e loco moveat. Praeterea volumen illud accipit velocitatem triplo maiorem. Nam dum e loco movetur, percurrere debet spatium aequale huic eidem spatio, quod corpus describit. Igitur dum corpus movetur velocitate tripla, massam fluidi triplo maiorem velocitate tripla impellit. Quare quum resistentiae sint ut quantitates motus in fluidum translatae; erunt eaedem resistentiae, ut tripla massa per triplam velocitatem multiplicata, hoc est, generatim ut quadratum velocitatis.

Prop. II. Si GLOBI DVO INAEQVALI VELOCITATE MOVEANTVR IN FLVIDO, RESISTENTIAS PATIENTVR, QVAE SVNT VT

QVADRATA VELOCITATVM ET QVADRATA DIAMETRORVM CONIVNCTIM.

Dem. Nam resistentiae sunt ut quadrata velocitatum et superficierum simul ; sed superficies sunt ut quadrata diametrorum ; ergo resistentiae sunt in ratione composita ex duplicata velocitatum , itidemque duplicata diametrorum. Quare si velocitates sint aequales , resistentiae sunt ut quadrata diametrorum. Porro evidens est, proportionem non valere , nisi eadem sit fluidi aut corporis directio. Ceterum ex demonstratis colligitur , corpora vi gravitatis per fluidum descendentia reduci tandem ad motum uniformem. Ponamus , corpus per aërem descendere : illius velocitas primum est accelerata ; sed crescente velocitate crescit quoque aëris resistentia. Porro si ex duabus quantitatibus inaequalibus minor perpetuo crescat , altera eadem manente , perveniri tandem debet ad terminum , in quo minor maiori aequatur. Quare quum gravitas eadem maneat , continuo crescente resistentia, evidens est , motum uniformiter acceleratum reduci tandem ad uniformem ob gravitatis et resistentiae aequilibrium , quod demonstrat experientia. Hinc facile satisfit obiectioni , quam in physica generali breviter tantum attigimus. Quum nempe uniformiter acceleratus esse debeat motus ex gravitate oriundus , qui tamen elapso tempore aliquo uniformis deprehendi-

tur, gravitatis doctrinae prima fronte contraria videri possent experimenta.

In praecedentibus demonstrationibus nonnullas adhibuimus hypotheses, quae cum ipsa fluidorum natura non satis accurate consentire videntur. Ita dum fluidi percussionem in planum aliquod investigabamus, fluidum a nobis ponebatur tamquam compositum ex diversis filamentis in planum incurrentibus, quorum partes singulae erant in directum positae. Fingebamus quoque, filamenta illa in planum ita impingere, ut post reflexionem ab ipso plano motus mutuos minime perturbarent; quae quidem hypotheses cum natura fluidorum minime conveniunt. Sunt enim particulae fluidorum vario ordine inter se dispositae: secundum varias directiones in se mutuo incurrunt: sese diversissimis indirectisque ictibus mutuo percutiunt, quas quidem conditiones aliasque plurimas nobis omnino ignotas definire non licet. His difficultatibus adiungi etiam debet resistentia ex particularum fluidarum tenacitate, gravitate mutuoque attritu. Attamen non obstantibus praesentis doctrinae incommodis atque ambagibus, nemo sibi persuadeat, eam nullius esse utilitatis. Probe enim distingui debent demonstrationes, quae certis experimentis innituntur, ab aliis propositionibus, quae ex incerta fluidorum natura colliguntur. Ita de fluidorum doctrina multa demonstravimus, quae ex pressionis

aequalitate unice pendent. Ita etiam dum fluidorum percussionem investigamus illorumque resistentiam, accuratissimis experimentis notam esse ponimus fluidorum velocitatem, quae quidem in plurimis saltem casibus omnem geometriae et algebrae industriam effugere videtur. Sed quo magis accurata sunt experimenta, eo magis ad veritatem accedet doctrina geometrica, si ea, qua par est, diligentia tractetur.

APPENDIX.

De quibusdam capitis praecedentis utilitatibus.

I.

De fluidorum natura nihil est, quod in hac appendice observemus, nisi ut recordemur angustos ingenii nostri limites, quorum quidem conscius esse debet quisquis veram physicam probe excolit. Plurima enim, immo omnia mirari cogimur naturae phaenomena. Hanc veritatem sentiunt quidem omnes rerum physicarum bene docti, quamvis eam, ut facere deberent, philosophica ingenuitate non semper profiteantur.

Fluidorum doctrina maximas in arte nautica habet utilitates. Vnam ex multis seligere satis erit. Ex praecedentibus demonstrationibus patet, tantam navis partem aquae im-

mergi, donec aequalis aquae moles totius navis pondus adaequet. Hinc statim definiri potest iustum pondus navi imponendum. Pondus totum navis ex duabus partibus componitur, nempe ex proprio navis pondere, et ex iusto pondere navi imponendo. Duo illa pondera efficiunt, ut navis ad datam profunditatem demergatur. Itaque mensuretur capacitas huius partis navis, quae aquae submergitur, priusquam pondere gravetur, et calculo definiatur, quantum pondus habiturum sit aequale aquae volumen: pondus inventum navis ponderi erit aequale. Iam navi pondus imponatur: ad maiorem profunditatem navis demergitur, atque iterum pondus navis aequatur ponderi aquae eiusdem cum parte immersa voluminis. Primum pondus ab altero subtrahatur, differentia aequalis erit ponderi imponendo. Itaque data profunditate, ad quam navis iusto pondere onusta intra aquas latere debet, et data etiam profunditate, ad quam navis proprio pondere aquis immergitur, tota res huc revocatur; ut nempe determinetur per geometriam utriusque capacitatis differentia, et deinde inveniatur pondus aquae eiusdem cum hac differentia voluminis. Sed quae ad artem nauticam spectant fusius persequi non licet; sunt enim sublimioris doctrinae. At de fluminum cursu fusius dicemus.

II. Doctrinae praecedentis utilitatem in

fluminum cursu pluribus demonstrare superfluum est. Satis est cogitare, in Italia praesertim vestra fertilissimos agros fluminum exundantium impetu devastos: innumerabilium hominum fortunas aquis eversas. Quae quum ita sint, brevioribus, quantum potero, verbis heic colligam utilissima sane principia, quae de fluminum natura tradidit vir peritissimus Guillelminus.

Fluminum aquae suam ut plurimum habent scaturiginem in montibus, vel in loco aliquo sublimi: descendendo velocitatem adquirunt. Haec tamen velocitas deinde ob perpetuam fundi litorumque resistentiam, atque etiam ob minorem descensus declivitatem retardatur. Si velocitas adquisita diversis impedimentis exstinguatur omnino ita, ut horizontalis fiat fluminis cursus; iam nihil est, quod fluminis cursum tueri possit praeter aquarum altitudinem vel pressionem perpendicularem. Verum, quod quidem primo adspectu paradoxum videri posset, haec ultima celeritatis causa eo magis crescit, quo magis velocitas praedictis impedimentis retardatur. Nam quo maiorem adquisitae velocitatis partem aqua amittit, eo magis attollitur illius superficies.

Aqua superior et a litoribus remotior sola declivitatis ratione, etiamsi valde exigua sit, semper fluere potest. Quum enim nullo obstaculo impediatur, minima declivitas ad

motum satis est. At aqua inferior fundo incumbens nullum fere motum ob exiguam declivitatem maximamque resistentiam admittit, et sola aquae superioris pressione fluit. Partium viscositas atque tenacitas id debent efficere, ut nempe partes inferiores superiorum pressione moveantur, atque superiores secum trahant, quae quidem in alveo horizontali, vel parum declivi nihil aut fere nihil moverentur. Itaque partes inferiores motum ex pressione acceptum in partes superiores aliqua ex parte transferunt. Ea de causa fit, ut maxima fluminis velocitas in media a fundo distantia observari soleat; in hoc enim loco dimidia aquae pressione fluminis cursus acceleratur, nec fundi impedimentis retardatur. An fluminis aqua vi pressionis perpendicularis decurrat, an vero adquisita per descensum velocitate, hoc experimento potest explorari. Profluenti amni obiiciatur aliquod obstaculum ipsi aquae perpendiculare. Si aqua versus obstaculum accumuletur et intumescat, velocitas ex alvei declivitate oritur: at si aqua sistatur tantum, velocitas pressioni tribuenda est.

Flumina suum alveum sibi excavant. Si fundus sit admodum declivis, aqua maximam adquirit velocitatem. Quare partes fundi elatiores abripere et complanare debent, easque in loca humiliora transferre, atque ita fundum ad situm horizontalem redigere. Quo

maior erit aquae velocitas, eo profundiorem alveum sibi excavabit. Vbi aqua alveum horizontalem sibi effecit, ipsa quoque motu horizontali fluere incipit, ac proinde in ipsum alvei fundum vim minorem exercet, donec tandem illius vis resistentiae fundi aequalis fiat. Tunc autem fundus saltem per longum tempus in statu manente perseverat, illud vero tempus longius est, vel brevius pro qualitate soli. Nam e. g. argilla et creta diutius resistunt, quam arena et limus.

Praeterea aqua alvei sui litora perpetuo corrodit: id facit eo maiori vel minori vi, quo magis vel minus ad directionem perpendicularem percussio accedit. Hoc perpetuo conatu alvei crepidines, quantum fieri potest, fluentis aquae directioni redduntur parallelae. Itaque minus tortuosus fit aquae cursus, alveus latior evadit, ac proinde aliquid profunditatis, ideoque etiam aliquid pressionis flumen amittit. Id autem tamdiu fieri pergit, donec inter vim aquae litorumque resistentiam datur aequilibrium. Quod quidem aequilibrium tandem fieri demonstrat experientia, quum fluminum profunditatem et latitudinem ultra certos limites crescere non observetur. Aliquando tamen contrarium accidere potest. Flumina, quorum aquae sunt crassiores et limosae, in ipso alvei fundo materias heterogeneas deponunt, ideoque minor fit alvei profunditas. Litora etiam continua talis materiae

depositione ad se invicem possunt accedere; immo fieri potest, ut materiae illae extra profluentis amnis directionem longius excurrentes, et iccirco tardiori motu agitatae, tandem quiescant omnino, novamque ripam constituant. Porro illi diversi effectus fere semper concurrere et pro varietate locorum diversimode inter se coniungi videntur. Hinc difficillimum est de his effectibus iudicium, qui tamen effectus probe cogniti esse debent, antequam aliquod tentetur opus, quod in fluminis statu mutationem aliquam adferre possit, praesertim si alio deducendus sit fluminis cursus.

Flumen minus in eodem communi alveo cum flumine maiore aquas miscere potest sine ullo latitudinis vel profunditatis incremento. Huius paradoxi ratio est, quod fluminis minoris accessio maioris fluminis aquas prope litora quiescentes agitet, profluentis amnis velocitatem augeat in ratione quantitatis aquae auctae. Ita ramus fluminis, quod *Padus* dicitur, prope Venetias licet auctus ramo *ferrariensi*, et alio etiam flumine, quod vocatur *Panarus*, nullam tamen in suis dimensionibus mutationem ostendit. Si flumen aliquod in aliud influat vel perpendiculariter vel secundum quamlibet directionem, pristinam directionem sensim amittit, et in novo alveo permixtis aquis flumen utrumque confluit. Haec autem coniuncta flumina velocius

decurrunt, tum ob diminutam litorum resistentiam, tum ob maiorem currentis aquae a litoribus distantiam. Aqua enim velocius atque facilius fluit ob maiorem sui quantitatem, quae aucta velocitate alveum excavare debet, atque ad tantam profunditatem, ut alvei crepidines ad se accedant. Hinc persaepe fit, ut coniuncta flumina minus spatium in telluris superficie occupent, quam antea. Mediam sive communem fluminum confluentium directionem invenire, problema est difficillimum. Hoc unum observare satis erit, communem directionem magis accedere ad directionem fluminis, quod maiori pollet aquarum impetu; ac proinde, posita in utroque flumine virium aequalitate, directio communis in medio iacebit loco. Cetera vero, quae hac de re tradidit D. Pitot in monumentis parisiensibus anno 1738, ad severitatem geometricam non videntur omnino composita.

Ex his omnibus colligitur, in fluminum exundatione duo vel maxime adhibenda esse remedia. Flumen nempe, contracto alveo, facilius continetur. Crescente enim in hoc casu velocitate, flumen alveum profundiorem sibi effodit. Eadem ratione praecaventur aliquando fluminum exundationes coniunctis fluminibus, non autem divisis, quae quidem aquarum divisio non sine gravissimo damno aliquando facta videtur. Si autem in aliquo casu minui oporteat aquae velocitatem; id

parum feliciter praestant exstructi pontes, opposita repagula, aliaque id genus impedimenta. Aqua enim in haec obstacula incurrens attollitur, et sua mole velocitatem aquae intra pilas fluentis non parum auget.

Si flumen intumescit, augetur illius velocitas, donec tandem exundet. Sed exundate flumine decrescit velocitas, eam proculdubio ob causam, quod alveus augeatur magis, quam pro quantitate aquae. Atque haec videtur ratio, cur exundatio versus fluminis fauces minor observetur ob maiorem in hoc loco aquarum velocitatem. Quod autem spectat ad aquarum velocitatem versus fluminis ostium, praetermittendum non est, mediam alvei aquam aliquando depressiorem esse, quam versus fluminis litora. Quum enim aqua litori proxima minori velocitate moveatur, haec refluente mari magis reprimitur. Ex hac velocitatum differentia inter mediam alvei aquam, et eam, quae litori proxima est, intelligere licet, cur aqua in medio fluminis saepe intumescat maris impedimento non retardata ob maiorem aquarum in loco medio, quam versus ripas velocitatem. Haec generatim dicta sint de fluminum cursu. Ceterum doctrinam geometricam turbant plurimum locorum circumstantiae. Nec multum fidendum audacioribus viris, qui locorum imperiti in periculosissimo aquarum negotio remedia proponere audent, felicemque exitum polliceri.

CAPVT II.

De fluidis elasticis.

In capite praecedenti fluidorum doctrinam generatim consideravimus, seposita omnino illorum elasticitate. Recta docendi methodus postulat, ut de elasticitate aliquid primum dicamus: deinde aëris proprietates expendamus, atque tandem praecipua phaenomena, quae ex aëris elasticitate pendent, distincte explicemus. Itaque tres erunt huius capitis articuli. I. elasticitatem generatim considerabimus. II. aëris nostri, qui eximia elasticitate praeditus est, proprietates demonstrabimus. III. tandem pulcherrimam atque iucundissimam soni doctrinam, quae cum aëris elasticitate coniuncta est, explicabimus.

ARTICVLVS I.

De elasticitate.

I.

Vim elasticam variosque elasticitatis gradus iam definivimus in physica generali. At de elasticitatis causa plures sunt physicorum opiniones, quarum aliquae falsae demonstrantur, nulla autem vera ostenditur. Cartesiani rem ita explicant. Dum comprimitur vel ten-

ditur corpus aliquod elasticum, et in modum arcus flectitur, a se invicem recedunt particulae in superficie convexa, et ad se invicem accedunt in superficie concava. Hinc in parte concava angustiores fiunt pori, et ex rotundis v. g. ovales fiunt. His autem positis, fieri, aiunt, ut materia subtilis ex angustioribus poris, in quibus compressa latet, elabi conetur, atque hoc conatu corpus ad pristinum statum compellatur.

Recentiores cartesiani, quorum agmen ducit celeberrimus Malebranchius, elasticitatis causam tribuunt minimis subtilissimae materiae vorticulis, quibus corpora omnia plena esse fingunt. Itaque compressi vorticuli figuram sphaericam in ovalem mutant: crescit vis illorum centrifuga, qua tandem in pristinum statum compressas corporum partes restituunt. Alii autem physici materiae subtili vel aethereae primitivam elasticitatem adfingunt.

Nemo non videt, hypotheses illas vagas omnino esse, nullamque genuinam elasticitatis notionem nobis ingerere. Et quidem si pori ex parte convexa fiant ampliores, iam materia subtilis, quae formam quamlibet induere potest, eosdem poros statim facilius occupabit, ac proinde corpus in statu compressionis manebit. Praeterea liberalius cartesianis concedamus, vi materiae subtilis corpora compressa ad pristinum statum redire.

¿Qua ratione explicabunt reciprocos illos tremulosque motus, quibus corpora elastica eunt et redeunt per aliquod tempus? Nullus alius intelligi potest fluidi cartesiani effectus, nisi ut corpus pristinae figurae restituat. Quod spectat ad Malebranchii vorticulos, tale figmentum haud firmiori nititur fundamento quam magnorum vorticum hypothesis iam antea profligata. Praeterea si vorticuli illi per intimas corporum omnium cellulas sint disseminati, corpora omnia debent esse elastica. Tandem si materia subtilis vel aetherea ingenitam habeat, seu primitivam elasticitatem, rursus interrogari poterunt talis hypotheseos auctores, quaenam sit huius elasticitatis causa, et nihil quidquam se profecisse, fateri cogentur.

II. Elasticitatis causam ex attractione probabilius repetunt newtoniani. Si corpus aliquod percutiatur vel comprimatur ita, ut moleculae e locis suis dimoveantur, non tamen ultra attractionis limites excurrant, cessante vi externa, mutua attractione ad pristinum statum redire debent moleculae. Si autem newtonianos quis interrogaverit, cur attractio mutua in certis dumtaxat corporibus elasticitatem producat, id fieri reponent ob diversam molecularum naturam viriumque illarum ordinem, ac proinde et variam attractionem. Hinc si corpus fuerit compositum ex moleculis heterogeneis, quae diversam ha-

beant figuram, diversaque polleant vi attractiva, exclusis e tota corporis massa certis particulis, aliisve substitutis, iam alia diversae naturae orietur massa. Ita si lamella calybea liquefiat, hoc est, si in datam calybis massam, et inter varias illius moleculas aliud molecularum systema intrudatur ex ignis aërisque particulis compositum, debilior fiet, atque etiam omnino evanescere poterit vis elastica. Quamquam haec explicatio universalis attractionis lege innixa videatur; eam tamen nimis vagam esse, et ad clare explicandos elasticitatis effectus superfluam, ingenue fatemur. Id ergo studiosis adolescentibus adsidue inculcandum, ut de ignotis effectuum causis dubitare discant. Praecipites enim opiniones et effectuum explicationes non satis determinatae, physices progressum maxime retardant.

III. His de elasticitate generatim explicatis, iam de fluidis elasticis pauca adiungemus. Fluidorum elasticitatem ut explicaret Newtonus, posuit, singulas fluidi elastici particulas pollere vi centrifuga, qua se mutuo fugiunt aut repellunt. Sed quidquid sit, certissimum est, elasticitatem, si effectus tantum consideremus, reduci posse ad actionem vis centrifugae, qua fluidi particulae sese mutuo repellunt; etiamsi talem vim centrifugam exsistere, certum non esset. Fluidorum elasticorum pressionem dumtaxat considerabimus.

Illorum enim motum accurate explicare res Fig. est difficilior, et ad explicandas aëris proprietates nullius fere utilitatis.

Fingatur virga elastica AB plano immoto DN adfixa, et vi qualibet aut pondere A comprimatur ita, ut redigatur in spatium $aB = AB - Aa$. Evidens est, vires punctorum B et a aequales esse, nempe puncti B secundum BC, et puncti a secundum directionem contrariam aA. Quare vis in B secundum BC aequalis est pressioni ponderis A. Nempe planum in B comprimitur non secus, ac si pondus A puncto B incumberet. Iam removeatur planum DN, substituaturque virga altera elastica Bc priori aequalis et similis, atque plano immoto dn adfixa. Evidens etiam est, vim puncti c versus planum dn aequalem esse vi puncti b secundum directionem ba; vel quod idem est vi puncti b secundum directionem bc, quae quidem vis aequalis est vi puncti a secundum directionem aA. Haec autem posterior vis aequalis est pressioni ponderis A, quae in primo casu aequalis erat vi puncti a, unica exsistente virga elastica. Quare ex his omnibus aequalitatibus patet, punctum c comprimi vi aequali ponderi A, atque esse $cb = Ba$, et $Bb = Aa$ et $cb + aB = Ac - Aa - Bb = 2Ba - 2Aa$. Igitur generatim quicumque sit numerus elastrorum, si eadem vi comprimantur, pressio, quam elastra exercent in planum immo- 5.

tum, aequalis est pressioni, quam potentia comprimens in idem planum immediate exerceret. Eritque spatium, in quod elastra illa reducuntur, ad spatium, in quod eadem potentia redigitur elastrum unicum, ut est elastrorum numerus ad unitatem.

Iam intelligantur elastra duo *AB*, *BC*, plano immoto *DN* adfixa. Primum elastrum comprimatur ut antea pondere *A*, alterum vero elastrum comprimatur in *B* vi altera, quae ponderi *A* aequivaleat, vel alteri cuilibet potentiae. Punctum *c* premetur vi aequali ponderibus *A* et *B* simul sumtis: elastrum *AB* premetur vi *Bb*, et elastrum *Bc* redigetur in spatium *bc*, minus quam *ab*. Nam vis puncti *c* in planum, vel quod idem est, vis puncti *b* secundum directionem *ba* aequalis est actioni potentiae *B* prementi in *b*, et actioni puncti *a* secundum *aA*; nempe potentiae *A*. Ergo punctum *b* vel *c* comprimitur vi $A+B$, et punctum *a* vi *A*. Quare generatim quicumque sit elastrorum numerus, quae elastra ponderibus vel potentiis quibuscumque premantur; elastra illa omnia in obstaculum immotum pressionem exercet, quae semper aequalis est potentiarum vel ponderum summae. Iam ponderum et elastrorum pars quaelibet destrui vel removeri fingatur, atque residui superioris ponderis substitutum intelligatur obstaculum immobile; evidens est, eamdem manere pressionem pun-

cti c, quum elastrorum status et compressio nequaquam mutentur.

Haec principia sane evidentissima ad fluidorum pressionem facile transferuntur. Si vas aliquod contineat fluidum elasticum, cuius partes singulae urgeantur vi quacumque acceleratrice, et vires singulae vasis fundum comprimant; fundus vasis, ceteris paribus, eodem modo premetur, ac si fluidum in eodem manens statu vi elastica statim destituatur. Atque ad vas illud sustinendum eadem necessaria est potentia, quae ad sustinendum fluidum non elasticum requiritur, nempe requiritur potentia aequalis ponderi fluidi. Iam ponatur vas aliquod figurae cuiuscumque fluido gravi et homogeneo plenum, atque fluidum sola gravitatione partium superiorum in inferiores statim comprimatur, et ad minus spatium redigatur; ex demonstratis evidens est, particulas eo magis compresas esse magisque densas, quo magis sunt fundo proximae. Praeterea etiam manifestum est, densitatem suprema fluidi superficie ante et post compressionem manere eamdem; quum superficiei partes pondere dumtaxat infinite parvo comprimantur. At si compressio fluidi non solum ipsius fluidi pondere sed vi alia qualibet etiam producatur, in hoc casu ad determinandam fluidi pressionem habenda quoque est ratio huius alterius vis; positoque vase cylindrico, pressio in fundum aequalis foret

ponderi fluidi et vi alteri additae, ut patet. Quod quidem probe notandum est; huius enim doctrinae usus recurret in proximo articulo.

ARTICVLVS II.

De aëre illiusque proprietatibus.

I.

Aër est fluidum illud telluri nostrae circumfusum, in quo vivimus et movemur. Tota huius aëris moles *atmosphaera* dicitur. Aërem inter elementa recensebant aliqui veteres philosophi. Sed aëris nomine intelligebant fluidum homogeneum, elasticum, quod vulgaris aëris veluti basis est. Et quidem aër nostrae atmosphaerae terrestrium omnium corporum maxime heterogeneus impurusque videtur. Nam quidquid e terrae gremio iugiter exspirat, quidquid e corporibus putrescentibus evolat, quidquid vaporis subtilissimi ab aquis erumpit, id totum aër in se complectitur. In aëre igitur continentur vapores, exhalationes omnium generum, sales *volatiles* dicti, particulae sulphureae, bituminosae, oleosae et aliae innumerae, ac proinde aër omnium corporum particulis foedatus est. Sed notandum est, tales particulas haud quidem aequaliter per atmosphaeram esse dispersas. Si terra sit vel paludosa vel corporibus putridis noxiisque gravida, iam aër incumbens eiusdem conditio-

nis effluvia admittet. Hinc ex ipsa terrae natura pendet aliquatenus aëris temperies. Praeterea etiam venti regulares nonnulli varias possunt abigere vel etiam advehere aëris particulas, atque ita variis modis aërem vel repurgare vel inficere. Haec autem breviter observata sint, ex quibus intelligitur, exiguam omnino esse aëris *elementaris* et proprie dicti portionem, si conferatur cum ceteris corpusculis magna copia per aërem dispersis. Nec minus patet, per solam aëris perniciosam qualitatem explicari posse morborum quorumdam contagium, sive morbi illi ex aëre *immediate*, sive ex aegrotorum vicinia contrahantur. Quare fictitia omnino sunt mortifera, ut dicunt, animalcula, quae grassante contagio per atmosphaeram volitare comminiscuntur aliqui.

CONCLVSIO.

Aër gravis est et elasticvs.

Prob. I. pars. Ipsum aëris pondus examinarunt veteres philosophi. Globum intus cavum ad stateram expendebant: deinde aërem in eodem globo valide comprimebant, iterumque globi pondus accurate explorabant: aliquam deprehenderunt ponderis differentiam inter aërem nostrum vulgarem et aërem densissimum. Sed experimentum illud accuratius fuit iteratum post inventam machinam, cu-

ius ope aër e vasis educitur. Machina illa, quae *pneumatica* appellatur, ab Othone de Guerik magdeburgensi consule primum excogitata, a Boylio postea fuit perfecta; atque tandem a recentioribus physicis ad maiorem perfectionis et facilitatis gradum perducta. Quamvis tota huius machinae structura totumque artificium oculis facilius, quam explicatione ulla usurpentur; quia tamen explicandae aëris proprietates gravitas et elasticitas institutis in hac machina experimentis maxime demonstrantur, praecipuas illius partes, quantum verbis fieri potest, vobis exhibere utilissimum erit. In hac machina considerari primum debet antlia metallica eximie perpolita, cuius cavitatem ingreditur cylindrus, quem *embolum* appellant. Ille autem cylindrus internae superficiei antliae arcte apprimitur ita, ut nihil aëris in antliam irrepere possit. Fundo antliae aptata est valvula eo artificio comparata, ut aëris egressum permittat, regressum vero prohibeat. E latere antliae inseritur canaliculus metallicus, cuius extremitas superior cum tabula lignea horizontali firmiter cohaeret. Ille autem canaliculus hiat in campanam vitream tabulae horizontali arcte adglutinatam. Eidem canaliculo aptata est machinula, quam *epistomium* vocant, cuius ope, aëri in campanam vitream transitus conceditur vel negatur.

Rebus ita comparatis, in antliam metal-

licam truditur embolus, quod fieri solet vi rotae dentibus instructae. Aër compressus exitum quaerit, et re vera permisso transitu per valvulam exit. Contrario rotae motu embolus attollitur: aër e campana vitrea per canaliculum descendit, et transit in antliam. Demisso iterum embolo aër comprimitur atque excluditur. Ac tandem repetitis emboli alternis agitationibus campana vitrea omni fere aëre vacua manet.

Aëris gravitatem non sine acutissimo doloris sensu experietur, qui machinae pneumaticae canaliculum digito occludere tentaverit. Educto enim ex cavitate canaliculi aëre, digitus toto atmosphaerae pondere foramini arcte apprimetur. Si campana vitrea superficiem planam aliqua ex parte habuerit, facto vacuo, in minutissima frustula dissilit, fracta externi aëris pondere. Nemo vestrum non vidit tubos vitreos, qui a primo auctore Torricellio dicuntur *torricelliani*. Adhibeatur tubus vitreus ex una parte accurate clausus, atque mercurio impleatur, et deinde ex altero foramine in vase aperto mercurium continente perpendiculariter invertatur: mercurius in tubo ad altitudinem 27 aut 28 pollicum circiter suspensus manebit. Huius experimenti ratio ex praecedentibus intelligitur. Etenim mercurius stagnans in vase subiecto atmosphaerae incumbentis pondere premitur, ac proinde eadem vi mercurius in tubo suspen-

ditur. Et re quidem ipsa si tubus torricellianus, cui deinde factum est *barometri* nomen, in campana pneumatica includatur; extracto aëre descendet mercurius, restituto autem aëre adscendet rursus.

Ex aëris gravitate intelligitur etiam adscensus aquae per antlias, quas *tractorias* appellant. At quum gravitas specifica mercurii sit ad gravitatem specificam aquae, ut 14 ad 1 circiter; patet, cur aqua ad 32 pedes per antlias adscendere soleat, nempe ad altitudinem mercurii altitudine quattuor decies maiorem. Alia sunt innumera et quidem praeclarissima experimenta. Sed omnia referre non vacat; in obiectionibus refellendis nonnulla alia explicabimus.

Prob. 2. pars. Elasticitati et gravitati aëris communia fere sunt argumenta omnia. Ex aëris elasticitate pendet machinae pneumaticae structura. Etenim vi elastica aër in campana vitrea contentus transit in antliam. Observandum autem est, vim elasticam aëris a corporum solidorum elasticitate longe differre. Et quidem si vesica flaccida in campana pneumatica includatur, et aër deinde hauriatur; vi aëris interni vesica intumescet, et turgida expandetur. Itaque aër non compressus vi sua elastica dilatatur, maiusque spatium occupat, quod non faciunt corpora solida elastica, quae, cessante compressione, pristinam tantum recuperant figuram. Iam vero quum elasticitas

et gravitas aëris communi probatione demonstrentur, non est, cur hac in re diutius immoremur. Satius erit elasticitatis et gravitatis effectus expendere, eosque a se invicem accurate discernere.

Evidens est, aëris pondus illiusque pressionem ex aëris elasticitate nequaquam pendere. Idem enim maneret aëris pondus, quod materiae quantitati proportionale est, etiamsi omni careret elasticitate. At quum aër sit elasticus; hinc colligitur, eum posse comprimi, in minus spatium redigi ita, ut elasticitas, quae ponderi comprimenti resistit, eidem ponderi ceteris paribus sit proportionalis. Et quidem elasticitas aëris perfecta ponitur. Ac proinde gravitas aëris, quae pressionem producit, et elasticitas aëris, quae pressioni resistit, seu ad dilatationem tendit, aequales esse debent. Quae quum ita sint, si aër in vase claudatur ita, ut nullum cum aëre externo habeat commercium, eadem manebit huius aëris pressio, et atmosphaerae ponderi aequivalebit. Atque haec est ratio, cur mercurius in barometro ad eamdem altitudinem subsistat sive in aëre aperto sive in cubiculo clauso, vi nempe elastica aëris. Itaque diligenter observandum est, pressionem, quam fluida elastica exercent, non ad fluidorum pondus veluti ad causam *immediatam*, sed ad vim elasticam proprie esse referendam. Quod ergo mercurius in barometro suspen-

sus maneat, tribuendum non est aëris ponderi, nisi quatenus pondus illud ipsa est pressionis causa. Et quidem, eodem licet manente aëris pondere, si aliqua de causa minuatur vel augeatur pressio, ac proinde et vis elastica, mercurius in borometro descendere vel adscendere observatur. Et re quidem ipsa aëris pondus non esse solam pressionis causam, certum omnino videtur. Aëris elasticitatem maxime turbant varii generis corpuscula atmosphaerae innatantia aliaeque causae plurimae, quas deinde, data vel etiam quaesita occasione, explicabimus. Ceterum ex his omnibus sic tandem concluditur: aëri tribuendae sunt proprietates illae, quas experimenta communi probatione demonstrant; atqui communi experimentorum testimonio gravitas et elasticitas aëris manifestae sunt; ergo aër gravis est et elasticus.

SOLVVNTVR OBIECTIONES.

Obiect. I. adversus I. partem. Si descripta experimenta aëris gravitatem demonstrent, iam totius atmosphaerae pondus facile aestimare licebit. Etenim quum tantum sit aëris pondus, ut aquam in antliis tractoriis ad 32 pedum altitudinem suspendere valeat, considerari poterit atmosphaerae pressio in universum globum terraqueum, non secus ac si tellus vasto aquarum oceano ad 32 pedum pro-

funditatem immerſa eſſet. Porro pes cubicus aquae libris 64 aequivalet, ac proinde pedes cubici 32 aequantur libris 2048. At telluris ſuperficies continet pedes quadratos circiter 5547800000000000. Hic autem ingens numerus per 2048 multiplicatus efficiet pondus librarum, quo aër tellurem noſtram comprimet. ¿Ecquis autem ſibi facile perſuadebit, tantae preſſioni ſuſtinendae parem eſſe globum terraqueum? ¿Quis crediderit, homines pro ſua parte tam enorme pondus humeris ſuſtinere poſſe? Si enim ponamus, corporis humani ſuperficiem eſſe pedum quadratorum 15, quae quidem ſuperficies homini mediocris ſtaturae circiter convenit, ſimili inito calculo, corporibus noſtris incumberet pondus librarum 33600. His poſitis ſic concluditur: aëri tribuenda non eſt proprietas illa, cuius effectus fidem omnem ſuperat; atqui recenſita preſſio, quae ex aëris gravitate proveniret, fidem omnem ſuperat; ergo nulla eſt aëris gravitas.

Reſp. N. min. Haec obiectio facile evaneſcit, ſi aliam fluidorum proprietatem in memoriam revocemus, aequalem ſcilicet undequaque preſſionem. Itaque aër ſecundum quamlibet directionem corpora omnia ex omni parte premit aequaliter. Atque ob aequalem illam preſſionem fit, ut corpora nullam figurae mutationem, nullum detrimentum inde patiantur. Et re quidem ipſa, ſi aliquo

in loco mutatur pressio, statim sentietur pressionis inaequalitas, atque hinc pendet *cucurbitarum* usus. Etenim humanae cutis pars illa, quae sub cucurbita continetur, nullo fere aëre premitur; eductus enim fuit aër. Quare aëris externi pondere comprimuntur humani corporis humores, atque versus partem illam, quae sub cucurbita latet, impelluntur. Hinc fit, ut pellis vasaque omnia hoc in loco turgida intumescant.

Heic autem praetermittendum non est praesens divinae providentiae argumentum. Tanta aëris pressione continentur arteriales plantarum atque animalium canales, qui circulationis impetu frangi vel distendi facile possent. Hac eadem vi fluida in corporibus animalium cohibentur, nimiaque transpiratio coërcetur. Hoc incommodum experiuntur viatores, qui altissimos montes conscendentes, quo proximiores sunt montis vertici, eo debiliores se sentiunt, atque persaepe *hemophtysim* et *hemorragiam* patiuntur. Aër nempe pulmonum vasi non satis comprimit. Notissimum est experimentum, quo animalibus in campana pneumatica inclusis aër adimitur. Illa enim animalia intumescunt, totoque corpore sudant, ore aliisque corporis partibus faeces egerunt.

Observationibus barometricis compertum est, maximam altitudinis mercurii in tubo differentiam non excedere pollices tres. Ita-

que maxima pressionis aëris in corpus nostrum differentia non excedit pondus cylindri mercurii, cuius altitudo est pollicum trium, basis autem superficiei corporis nostri aequalis est. Facta autem, quae facilis omnino est, computatione, pressionis differentia invenitur librarum circiter 4000. Quum autem tanta sit diversis temporibus atque etiam brevissimo tempore pressionis differentia; mirum non est, quod tam repentina aëris mutatione saepe adficiatur atque turbetur corporis nostri machina. Et re quidem ipsa tanta ponderis accessione contrahi deberent corporis nostri canales ita, ut sanguis veluti stagnans in iis quiesceret, et circulationis motus sisteret; nisi frequentissimo huic incommodo divina machinae nostrae structura paratum fuisset remedium. Et quidem si augeatur aëris pondus, pulmonum *lobi* maiori vi dilatantur, ac proinde magis attenuantur sanguinis particulae ita, ut faciliores succedant secretiones, ideoque et succi nervei maior copia accedat, cuius actio contractionem cordis vi maiori producit. Sed haec breviter observata sint. De motibus animalium nonnulla in physices progressu suo loco exponemus.

Obiect. 2. adversus 1. part. Quum aër vaporibus, exhalationibus, magnaque particularum heterogenearum copia sit infectus, suscipio oriri posset, atmosphaerae pondus non puriori aëri sed aliis corporibus esse tribuen-

dum. Quibus positis sic argumentari licet: aëris gravitatem non demonstrant experimenta illa, quae in aëre purissimo, et ab heterogeneis corpusculis defaecato sumi non possunt, atqui experimenta de aëris gravitate in aëre ab extraneis particulis defaecato institui non possunt; ergo aêris gravitas certo non constat. Resp. N. mai. Aërem crassioribus particulis non foedatum gravem esse, facile demonstrant nubes in subliimiori aëre suspensae. Intelligi enim nequaquam potest, graviores vapores in atmosphaera fluctuare, nisi cum aëre fuerint in aequilibrio, constituti, quo quidem sublato aequilibrio eos praecipites ruere necessum est. Praeterea heic agimus de aëre nostro, non autem de purissimo quodam aëre vel aethere, de quo nulla licet habere experimenta. Nemo quidem infitiari potest, vapores et exhalationes aëri pondus addere. Neque est, quod rem ab omnibus concessam fusius demonstremus. Satius erit, observationes quasdam barometricas, quae ad praesens argumentum pertinent, heic exponere.

Quamvis vapores et exhalationes aëris pondus augeant, constans tamen fere est observatio, altitudinem mercurii in barometro maiorem esse coelo sereno, dum nempe aër purior videtur. Contra autem coelo pluvio minor observatur mercurii altitudo. Huius autem phaenomeni plurimae causae esse possunt. Et primo quidem certissimum est, ventorum

vim atmosphaerae ponderi in aliqua particulari regione mutationem satis magnam adferre posse. Ita si venti duo ad partes oppositas spirent; maiorem aëris copiam in loco aliquo medio cogere atque accumulare possunt, atque ita aërem graviorem reddere. Contra autem venti unius directio versus locum aliquem atmosphaeram aliqua ex parte sublevare potest, et ita illius pondus minuere. Et re quidem ipsa subtilissimo experimento ostendunt physici, ventum etiam arte excitatum aliquam in proximo barometro altitudinis differentiam adferre. Praeterea nitrosae particulae, exhalationes terrestres, praesertim si magna siccitate donentur, magis augent atmosphaerae pondus. Hinc si atmosphaera praedictis causis pondus adquirat, vapores cum aëre intime permixtos facilius sustinebit, coelumque serenum observabitur. At si causis oppositis levior fiat atmosphaera, iam vapores haud amplius suspensi proprio pondere in pluviam relabuntur. Hinc reddi potest ratio difficillimi sane phaenomeni, quod in mercurii altitudine ut plurimum observatur. Ceterum fatendum est, ex barometri observatione de futura coeli temperie certum fieri non posse iudicium, sed meras haberi coniecturas, quae nimium credulos saepe decipiunt.

Obiect. 1. adversus 2. part. Plurimis experimentis compertum est, aëris elasticitatem minui posse, atque etiam tolli omnino ita,

ut aër nullum elasticitatis iudicium praebeat. Clariss. Halesius in *statica vegetabilium* talem esse demonstravit perniciosissimam sulphurearum paricularum naturam, ut aëris elasticitatem maxime debilitent. Aëris moleculae in aliis corporibus arctius conclusae, et ab aliis particulis vi maiori attractae nullam exercent vim repulsivam, ac proinde et nullam vim elasticam. In aëre admittenda non est proprietas illa saltem tamquam universalis, quam aër amittere potest; atqui experientia constat, aërem plerumque elasticitatem amittere; ergo aër non est elasticus. Resp. N. mai. Etiamsi aër summam habeat elasticitatem, hanc tamen non semper exercet. Si enim aër sit in suo statu naturali vel aliis corporibus intime permixtus, iam nullum praebet elasticitatis signum. Si aëris particulae vi maxima comprimantur, qualis est aër in corporum omnium cellulis valde conclusus, nullum in eo statu deprehenditur elasticitatis vestigium. At si aër ex illis corporum carceribus liberatur, eximiam elasticitatem ostendit. Ita si in campana vitrea claudatur ampnlla fluido aliquo plena; educto aëre, statim magna copia erumpere, et per totam fluidi massam dispersae observantur minimae aëris particulae. Porro ut elasticitas dicatur aëris proprietas, minime necessum est, aërem in statu quolibet vim elasticam exercere, non secus ac corpora solida, quae elasticitate pol-

lent, recte dicuntur *elastica*, quamvis in statu compressionis tantum elasticitatem manifestent. Halitus sulphurei aliique etiam plurimi aëris elasticitatem debilitant, et fere totam extinguunt. Sed experimenta illa conclusioni nostrae minime repugnant. Satius erit aliquas elasticitatis mutationes exponere.

Aëris elasticitas condensatione et rarefactione maxime augeri potest. Si aër in scopleto pneumatico vi maxima comprimatur, et deinde liber dimittatur, globulos plumbeos pulveris pyrii instar propellit. Aër calore rarefactus vim elasticam mirum in modum auget. Si vesica paullulum inflata et accurate clausa igni admoveatur, rarefacto aëre intumescit, atque tandem disrumpitur. Aërem maxime condensari et rarefieri posse, certissimum est; quamvis incertus sit maximus condensationis et rarefactionis gradus. Ex hac aëris proprietate manarunt fontes *artificiales*, aliaeque machinae plurimae, inter quas sua utilitate commendari maxime debent antliae, quae ad exstinguenda incendia adhiberi solent.

Obiect. 2. Atmosphaerae elasticitatem ita explicant cultiores physici. Divisam intelligunt totam atmosphaerae altitudinem in orbes aequales crassitiei indefinite parvae. Deinde experimentis certissimum ponunt, aëris densitatem ponderibus comprimentibus esse proportionalem, ac proinde in quolibet at-

mosphaerae loco densitas aëris est, ut pondus aëris superioris. Iam pondus aëris superioris inferiorem aërem comprimentis dicatur *A*, pondus aëris, qui alium orbem proximum comprimit, dicatur *B*, et ita deinceps aliae superiores columnae dicantur *C*, *D*; erit densitas primi orbis inferioris ut *A* — *B*, proximi orbis densitas ut *B* — *C*. Sunt enim densitates, ut pondera comprimentia. Quare erit $A : A - B = B : B - C$, ideoque $A : B = B : C$. Ac proinde pondera sunt in progressione continua geometrica. Iam quia orbes singuli ponuntur eiusdem crassitiei sive eiusdem altitudinis; patet, altitudines atmosphaerae in hac hypothesi crescere in progressione arithmetica. Itaque pro data qualibet atmosphaerae altitudine facile invenitur aëris rarefactio. Et versa vice dato rarefactionis gradu invenitur aëris altitudo huic rarefactioni conveniens. Rem accuratissima observatione illustrabimus. In vertice montis, qui gallice dicitur *Puy de Domme*, observata fuit barometri altitudo lin. 285, et in horto coenobii nostri, quod monti proximum est, altitudo fuit lin. 324. Itaque numeri duo 285 et 324 exhibere possunt pondera aërem in utroque loco comprimentia. Quare aëris densitates sunt ut iidem numeri, rarefactiones autem sunt in eorumdem numerorum ratione reciproca. Iam si rarefactio aëris in coenobii nostri horto dicatur 1; fiatque pro-

portio 285 : 324 = 1 ; $\frac{324}{285}$; quartus hic terminus proportionalis exhibebit aëris rarefactionem in montis vertice. Ponamus cum diligentissimis physicis, aërem nostrum decies millies rariorem fieri posse, huncque esse maximum rarefactionis gradum. Tres cognitos habebimus in atmosphaera rarefactionis gradus, nempe 1, $\frac{324}{285}$, et 10000. Praeterea nota est atmosphaerae altitudo ab horto nostro usque ad montis verticem, nempe hexapedarum 560. Investiganda ergo superest atmosphaerae altitudo, ad quam aër raritatem habeat decies millies maiorem. Haec autem altitudo ex progressionum doctrina facile invenitur. Duas enim habemus progressiones, unam geometricam, quae aëris rarefactiones exhibet, alteram arithmeticam, quae atmosphaerae altitudines repraesentat. Iam vero ex logarithmorum doctrina, si quantitates aliquae fuerint in progressione geometrica, erunt illorum logarithmi in progressione arithmetica. Sed in progressione arithmetica terminus quilibet aequalis est primo termino et terminorum differentiae toties sumtae, quot sunt termini datum terminum praecedentes. Quare si calculus ad logarithmos reducatur, erunt aëris altitudines datis duabus rarefactio-

nibus convenientes, ut differentiae inter rarefactionum illarum logarithmos, et logarithmum rarefactionis primae, quum logarithmi sint in progressione arithmetica. Quare altitudo 560 est ad altitudinem quaesitam x:

ut log. $\frac{344}{285}$ — log. 1 ad log. 1000 — log. 1,

sive ut log. $\frac{344}{285}$ ad log. 10000, ob log.

1 = 0. Inito autem calculo per vulgares logarithmorum tabulas talis invenitur altitudo atmosphaerae conveniens rarefactionis termino 10000, ut hexapedis circiter 40000 aequalis sit. En totam physicorum ratiocinationem. Sed quam incerta sit, facile intelligitur. Etenim fingitur, pressionem ponderibus comprimentibus proportionalem esse, quod falsum omnino est. Quum enim atmosphaera in ultimo compressionis gradu extensione aliqua ac proinde et pondere non careat, iterum comprimi posset atmosphaera, quod est contra hyp. Vel quod non minus absurdum est, in infinitum conprimi ac rarefieri posset, ac proinde illius altitudo foret infinita.

Praeterea elasticitas aëris ponderi comprimenti proportionalis ponitur, cuius quidem hypotheseos falsitatem iam demonstravimus. Nam eodem manente pondere, aëris elasticitatem maxime turbant calor, frigus, humi-

ditas, siccitas. His fuse explicatis sic tandem concluditur : aëris elasticitas variis particulis per atmosphaeram sine ulla lege dispersis longe probabilius tribuitur, si experimentis repugnent physicae aëris elastici leges ; atqui experimentis constat, physicas elasticitatis leges aëri repugnare ; ergo nulla datur aëris elasticitas. Resp. dist. mai. et illa experimentorum varietas demonstrat, ad aëris elasticitatem varias causas concurrere, C. mai., aërem elasticitate destitutum esse, ostendit, N. mai., quare N. cons.

Ad definiendam atmosphaerae altitudinem varias quidem hypotheses fingunt physici, quae ad omnes aëris partes transferri non possunt. Sua experimenta habuerunt in data aliqua aëris portione, quam ad certos limites comprimi et condensari posse observarunt, atque densitates ponderibus comprimentibus proportionales esse invenerunt. At certissimum videtur, aëris compressionem et dilatationem non soli partium ponderi tribuendas esse, sed calori, frigori aliisque causis plurimis. Itaque compertum omnino est, aëris rarefactiones in diversis altitudinibus ponderi comprimenti proportionales non esse, nec proinde observationes barometricae, quae in inferiori atmosphaerae parte sumuntur, ad superiorem aëris regionem traduci debent. Tandem repugnat omnino hypothesis, quae densitatem ponderibus comprimentibus proportionalem fa-

cit; foret enim altitudo atmosphaerae infinita. Hinc factum est, ut aliam hypothesim quaesiverunt doctissimi viri, et aëris densitates ponderi comprimenti atque alteri ponderi *constanti* proportionales fecerint. In hac autem hypothesi vitatur atmosphaerae infinitae incommodum. Sed quidquid sit de atmosphaerae altitudine, quae quidem ex barometri observationibus nulla ratione definiri posse videtur; certa tamen est et indubitata aëris elasticitas, quaecumque sit illius lex. Atque aëris nostri elasticitatem ceteris paribus ponderi comprimenti proportionalem esse, demonstrant experimenta. In refellenda autem obiectione prolixiores fuimus, ut inveniendae altitudinis atmosphaerae vulgaris methodus vobis innotesceret.

ARTICVLVS III.

De sono et auditu.

DEFINITIO.

Circa doctrinam soni tria praecipua nobis consideranda sese offerunt. Vel enim sonus consideratur in corpore sonoro: vel in medio, quod soni vehiculum est, nempe in aëre, vel tandem in ipso auditus organo. Si sonus primo modo consideratur, dicitur primitivus; si secundo modo, derivativus. Quare tres illas

partes soni definitio complecti debet. Recte igitur sonum definiunt physici: *particularum corporis resonantis motum tremulum in aëris particulas translatum, et ad aures tandem delatum.* Singulae huius definitionis partes sequentibus propositionibus demonstrantur.

Prop. I. SONVS PRIMITIVVS NON SOLO TOTIVS CORPORIS MOTV OSCILLATORIO, SED POTISSIMVM CORPORIS SONORI PARTICVLARVM TREMORE PRODVCITVR.

Prob. Etenim corpora non resonant, nisi percutiantur, et maxime omnium resonant corpora dura atque elastica, quorum partes ictu flectuntur, et deinde vi sua elastica resiliunt, atque tremulo ac vibratorio motu agitantur. Particularum corporis resonantis subsultus visu et tactu percipitur. Chartae frustula corpori resonanti insidentia subsultare oculis cernuntur, et admota manu partium fremitus sentitur. Verum si chorda instrumenti musici tensa non fuerit, licet oscillationes tota peragat, sonum non edit, et pariter forcipis focariae crura digitis constricta et deinde dimissa oscillationes agunt sine sono. At si oscillando corpus aliquod durum percutiunt, statim resonant. Ergo sonus non solo totius corporis motu oscillatorio, sed praecipue ipsius particularum tremore concipitur.

Hic motus seu sonus primitivus aëri continuo communicatur, et producit sonum deriva-

tivum. Contremiscunt ergo minimae aëris particulae ad modum chordae musicae. Et quidem aërem soni vehiculum esse, ostendunt corpora sonora in vacuo boyleano. Dum enim educitur aër, sonum languidiorem reddunt, et exhausto aëre, nullum, qui possit audiri. Nec ad sonum producendum satis est quilibet aëris motus. Si enim magna aëris moles agitetur, ventus quidem excitatur, sed nullus sonus. Quare necessarius est tremulus minimarum aëris particularum motus. Hunc vero motum oculis percipere licet, dum instrumentorum musicorum chordae pulsantur. Nam aëri innatantes tenuissimi pulvisculi et radio solis conspicui ad chordarum fremitum subsultare observantur. His necessariis ad sonum producendum conditionibus breviter iam observatis, nunc praecipua soni phaenomena explicabimus.

Coroll. Ex praecedentibus colligitur etiam soni propagatio. Etenim consideremus corpus aliquod tremulum, quod alterius vicibus eundo et redeundo sonum producat. Huius corporis partes itu suo propellant aëris partes proximas, easdem compriment et condensabunt, sed deinde reditu suo partes compressas recedere, et sese expandere permittent. Igitur partes aëris corpori tremulo proximae ibunt et redibunt per vices. Et quemadmodum propiores aëris partes eundo condensantur, redeundo relaxantur, sic etiam partes reliquae, quoties eunt, condensabuntur, et

quoties redeunt, expandentur. Ac proinde non omnes ibunt simul et redibunt, sed reliquae earum ibunt, dum aliae redeunt, atque ita deinceps vicibus alternis. Quod quidem evidens est ex minimarum particularum elasticitate. Porro licet corporis tremuli partes eant et redeant secundum plagam certam et determinatam; tamen motus per aërem propagatus quaquaversum dilatabitur, ut patet ex natura fluidorum, quae pressionem suam undequaque exercent. Igitur a corpore sonoro tamquam centro communi secundum superficies propemodum sphaericas et concentricas propagabitur motus. Huius rei exemplum aliquod, minus tamen perfectum, habemus in undis, quae si digito tremulo excitentur, non solum pergent hinc inde secundum directionem digiti, sed per circulos concentricos digitum statim cingent, et undique divergent. Imperfectum autem, nec satis accuratum esse exemplum illud, observabimus. Si enim medium non sit elasticum, iam illius partes a corporis tremuli partibus compressae nequeunt condensari, et motus in instanti propagabitur ad partes, ubi medium facillime cedit, hoc est, ad partes, quas corpus tremulum vacuas a tergo relinquit. Ex his patet, propagationem soni per aërem non fieri in *instanti*, sed determinato tempore opus habet, ut per datum spatium propellatur. Motus autem soni aequabilis observatur,

et neque ab intensitate soni neque ab eius qualitate pendet. Velocitatem soni ad calculum revocarunt doctissimi geometrae. Sed res pendet ex sublimiori doctrina, nec fortasse satis accurate demonstrata. Quare velocitatem soni experimento definire satis sit. Tanta est velocitas lucis, ut per atmosphaeram in instanti *quod ad sensum* propagetur. Si sonus et lux eodem temporis puncto excitentur, uti in machinis bellicis, flamma et fragor simul producuntur: spectator accurate dimetiatur spatium, quo a corpore resonante distat, tempusque, quod inter luminis et soni perceptiones intercedit, soni velocitas innotescet. Atque hoc modo in variis regionibus varia observata est velocitas soni. In anglia ea celeritate sonum propagari Flamsteedio et Halleyro visum est, qua pedes londinenses 1142, parisienses vero 1070 tempore minuti unius secundi percurreret. Quia vero densitas et vis elastica aëris in variis terrarum locis diversisque anni tempestatibus in eodem loco mutantur, inde quoque mutari oportet soni velocitatem. Diu creditum est, observantibus Gassendo, Mersenno nostro et academicis florentinis, sonum neque conspirante vento accelerari, neque adverso retardari. Sed D. Derham experimentis accuratius institutis falsum id esse, adserit.

Quidquid minimas aëris particulas ita commovere valet, ut motum tremulum admittat.

id sonum producet. Duo autem potissimum considerabimus sonorum genera. Primum est eorum, qui a corpore tremulo oriuntur, cuiusmodi sunt chordarum campanarumque soni. Alterum vero sonorum genus eorum est, qui inflatis instrumentis producuntur. Sic tibiae, fistulae aliaque id genus instrumenta ore inflata tinniunt. Fig.

Sit chorda AB *in* A *fixa, trochleae* B *circumvoluta, tendatur a pondere* P, *et a situ recto* ACB *detorqueatur in situm* ADB. *Ea per vim tensionis duabus quasi viribus agitur* BD *et* AD, *quae* (secundum doctrinam de motu comp.) *in parallelogrammum constructae, aequipollent vi* DF, *per quam fit restitutio cessante tensione ita, ut punctum* D *motum suum acceleret usque ad* C, *atque ita celeritate aucta in alteram partem versus* F *excurrat, donec illa exstinguatur eodem fere modo, quo fit in pendulis oscillantibus. Et quoniam omnes partes chordae motum habent communem, quaevis pars* m *arcum suum seu minimam lineolam* mn *eodem tempore percurret, quo suam percurrit punctum* D, *adeo ut oscillationes omnium punctorum chordae* AB *eodem tempore peragantur. Sunt enim singulorum punctorum vires restitutivae uti spatia ab illis percurrenda; adeoque tempora aequalia.* 6.

Igitur quemadmodum in pendulis per minimos arcus oscillantibus durationes sin-

gularum oscillationum sunt in ratione composita ex directa subduplicata longitudinum et reciproca subduplicata virium (pp. IV. V. cap. I. part. I. sect. II.), *ita tempora vibrationum in chordis eamdem servabunt rationem, idque solum discriminis intercedit, quod vis tota, qua vibratio fit in chordis per massam et pondus exprimenda sit. Quod ut in bono lumine collocetur, sit sequens*

Observatio. *Sumantur fides eiusdem longitudinis, diversae tamen crassitudinis, et tendantur singulae ponderibus aequalibus. Si singulae percutiantur eodem modo eademque vi, sonos dabunt diversos: tenuissimae acutissimum, crassiores graviorem. Vis ponderis tendentis in omnibus eadem est, sed quum haec vis dividatur in totam massam, non aeque tendet fibras singulas, sed magis in chorda tenuiore, minus in crassiore. Quum igitur vis elastica chordae sit in ratione tensionis, erit illa ut pondus divisum per massam, seu* $= \frac{P}{m}$.

Porro in pendulis durationes oscillationum sunt in ratione directa subduplicata longitudinum, et inversa subduplicata virium. Hoc est, si duratio $=$ D, *longitudo* $=$ L, *et vis* $=$ V; *erit* $D = \frac{\sqrt{L}}{\sqrt{V}}$. *Igi-*

tur si longitudo chordae musicae dicatur L, *massa chordae* M, *vis tendens seu pondus* P, *tempus vibrationis in chorda* T; *erit* : $T = \frac{\sqrt{LM}}{\sqrt{P}}$. *Et quia numerus vibrationum intra datum tempus confectarum est reciproce ut tempus seu duratio uniuscuiusque vibrationis* ; erunt numeri vibrationum dato tempore peractarum, ut $\frac{\sqrt{P}}{\sqrt{L \times M}}$. Hinc si chordarum longitudines *L* et massae *M* ponantur aequales ; erunt numeri vibrationum, ut $\sqrt{P}$: hoc est, in ratione subduplicata ponderum tendentium. Si pondera tendentia *P*, et longitudines *L* aequantur ; erunt numeri vibrationum, ut $\frac{1}{\sqrt{M}}$, hoc est, in ratione subduplicata inversa massarum, ac proinde in ratione inversa diametrorum *, si chordae sint homogeneae. Si pondera tendentia sint aequalia, et praeterea chordae sint homogeneae et eiusdem diametri ; erunt numeri vi-

* *Nempe massae seu soliditates chordarum sunt uti facta ex sectione quavis in longitudinem ; sed longitudines aequantur* (ex hyp.) ; *ergo erunt, uti sectiones seu areae, hoc est, uti quadrata diametrorum.*

brationum in ratione inversa longitudinum. Nam in hoc casu vibrationum numeri sunt, ut $\frac{1}{\sqrt{L \times M}}$. Sed eadem manente chordarum homogenearum diametro, massae M sunt ut longitudines L. Quare $\frac{1}{\sqrt{L \times M}}$ erit ut $\frac{1}{\sqrt{LL}}$; nempe ut $\frac{1}{L}$. Simili ratione ex hac formula colligi possent innumera alia theoremata, quae ad chordarum musicarum vibrationes pertinent.

Sub eodem sonorum genere comprehendi diximus campanarum sonos. Quod quidem facile patet. Pulsatae enim campanae contremiscunt, et campanarum partes suas vibrationes peragunt. Idque etiam facile percipiet, qui campanae motum attentis oculis persequetur. Hanc enim ex rotunda ovalem fieri, et modo ad hanc, modo ad illam partem oblongari observabit. Difficillimum quidem est ex campanae forma et pondere numerum oscillationum definire. Si tamen campanae fuerint similes et homogeneae, facile demonstratur, numerum vibrationum esse in ratione subtriplicata, sive ut radices cubicae ponderum. Etenim pondus tendens ponatur $\frac{M}{L}$, for-

mula praecedens abit in $\frac{\sqrt{M}}{\sqrt{L^2 \times M}} = \frac{1}{L}$. At corpora homogenea similia sunt in ratione triplicata laterum homologorum. Ergo quum massa vel pondus sit M; erit L ut $\sqrt[3]{M}$. Ac proinde vibrationum numeri erunt ut $\frac{1}{\sqrt[3]{M}}$, hoc est, in ratione subtriplicata reciproca ponderum. Quod autem pondus tendens ponatur $\frac{M}{L}$, ratio facile patet. Etenim si chordae musicae pondere aliquo appenso tendantur ita, ut tamen non rumpantur, chordarum homogenearum vires seu resistentiae sunt ut crassities, ac proinde etiam et pondera tendentia; sed chordarum crassities sunt ut ipsarum pondera directe et longitudines inverse (*ex elem. geom.*); ergo pondera tendentia sunt in ratione ponderum chordarum directa et longitudinum inversa, quod quidem accuratissimis experimentis in chordis metallicis confirmarunt physici *.

* *Haec Auctoris demonstratio pro librata penitus et accurata haberi nequit, sed prout ad sensum apparet. Plura enim in considerationem venire debent, quae ab illo praetermittuntur.*

Manifestum autem est, hanc ratiocinationem ad metallicas campanarum chordas transferri posse.

Defin. 11. Sonorum differentia secundum *gravem* et *acutum* pendet ex vibrationum tarditate et celeritate. Sonum graviorem esse dicimus, quo pauciores vibrationes eodem tempore peraguntur; contra vero acutiorem, quo plures vibrationes eodem tempore absolvuntur. Si chordae duae eumdem vibrationum numerum eodem tempore perficiunt, dicuntur *unisonae*. Si vibrationum numeri sint, ut 2 ad 1, tunc consonantia illa vocatur *octava*. Si fuerit ut 3 ad 2, dicitur *quinta*. Si numeri vibrationum sint, ut 4 ad 3, consonantia dicitur *quarta*. Si fuerint, ut 5 ad 4, dicitur *tertia maior*. Et tandem *tertia minor*, si numeri vibrationum fuerint, ut 6 ad 5, atque ita deinceps. Illae autem omnes consonantiae ad experimentum facile revocantur, mutatis chordarum longitudinibus, ponderibus et tensionibus. Probe distinguenda est sonorum vehementia et debilitas ab illorum gravitate et acumine. Vehementia eiusdem soni diversa est pro diversa auditoris distantia. Etenim sonus undequaque in circumferentiam propagatur; pro maioribus distantiis in maius spatium diffunditur; ac proinde vehementia soni, ceteris paribus, in duplicata distantiarum ratione decrescere debet, ut statim intelligitur ex iis, quae de-

monstravimus in physica generali. Praeterea quum pulsata chorda, idem pulsus per aërem transmittatur; necesse est, motum perpetuo remissiorem fieri, ideoque et sonum debiliorem audiri. At quamvis in chordis vibrantibus maior audiatur sub initio soni intensitas, quae sensim languescit, atque tandem evanescit; interim tamen oscillationes manent isochronae, ac proinde sonus eumdem retinet *gravitatis* et *acuminis* gradum. Tandem pendet etiam soni intensitas ex vi pulsante. Intensior enim exprimitur idem sonus, si maiori vi pulsetur chorda. Immo si nimis vehemens fuerit pulsatio ita, ut chorda extra situm naturalem longius excurrens ampliores vibrationes peragat, sonus sub initio acutior auditur, deinde autem minus acutus, atque hinc fit, ut soni minus iucundi minusque distincti producantur. Itaque ut iucundiores sonos reddat instrumentum musicum, id negligendum non est, ut nempe eadem sit vis pulsans, aut saltem non multum diversa, atque etiam, ut chordae in loco medio, vel saltem in locis similibus impellantur. Patet enim, mutato pulsationis loco, ipsam quoque vim pulsantem mutari.

Ad secundam sonorum speciem referuntur soni instrumentis aere inflatis excitati. Qua ratione autem soni producantur, ex ipsa fistularum exstructura intelligere licet. Nemo non novit, fistulas esse tubos seu canales,

qui altera extremitate iunctum habent *peristomium*, aerem ex ore excipiens, atque per rimam in tubum emittens. Id autem omnino fieri debet, ut aer per rimam immissus internam tubi superficiem radat, leviterque perstringat, non vero in illius cavitatem et latera irruat. Quamobrem id maxime curant fistularum artifices, ut tubi latus rimae oppositum exscindant, ne sit contiguum peristomio: fistulae extremitatem acuunt, ut aër in ipsam aciem irruens, ab ipsa quasi findatur, et ita tenuior aëris lamella per tubum prorepat. Ea de causa fit, ut in tibiis peristomio destitutis, quales sunt fistulae, quae *transversae* vocantur, peristomii figuram os quasi imitari videatur. His praemissis de fistularum constructione et artificio, ita sonus excitatur. Aër nempe in tubum ore immissus aërem in ipso tubo iam exsistentem secundum longitudinem comprimit. Hinc fit, ut sese iterum expandat, rursus coarctetur, atque hoc modo durante inflatu, oscillationes perficiat, sonumque producat. Ipsum quoque tubum motu tremulo agitari, opinantur aliqui. At cognitis fistularum proprietatibus minime satisfacit haec opinio. Constat enim, fistulas cylindricas longitudine aequales pares omnino sonos edere, quamvis amplitudine, crassitudine et materia ipsa differant. ¿Qua ratione fieri posset, ut diversissimi tubi simili modo contremiscerent? Merito igitur dupli-

cem enumeravimus sonorum speciem. Haec tamen secunda species aliquo modo cum prima potest comparari.

Corpus, quod vibrationes peragit, easque in aërem circumfusum transfert, est aër in tubo contentus, cuius quantitas ex tubi longitudine et amplitudine innotescit. Vis ad oscillandum impellens est aër in tubi internam superficiem ore immissus. At vis, qua aer in tubo exsistens, et ex statu naturali deturbatus sese restituere conatur, qua proinde fit, ut certum oscillationum numerum dato tempore absolvat, est pondus atmosphaerae seu vis elastica aeris, quae incumbentis atmosphaerae pressioni aequivalet. Quare vis illa ex altitudine mercurii in barometro aestimari debet. Iam fistulae ad chordas musicas aliqua ex parte revocari possunt. Etenim chorda cum aere in fistula contento potest comparari; ponderis chordam tendentis vices gerit pondus atmosphaerae. Haec enim duo licet prorsus dissimilia videantur eo, quod chorda a pondere tendente extendatur, aer vero ab atmosphaera comprimatur; res tamen perinde se habet, si effectum attendamus. Idem enim est effectus, sive aeris compressione, sive chordae extensione oscillationes producantur. Itaque quum aer in fistulae tubo chordae musicae instar suas oscillationes perficiat, ex praecedenti formula comparari poterunt numeri vibrationum dato tempore peracta-

rum. Sit fiſtulae longitudo *a*, amplitudo *bb*, gravitas ſpecifica aeris ad gravitatem ſpecificam mercurii in ratione *m* ad *n*, altitudo mercurii in barometro *k*. Habemus ergo chordam *aëream* longitudinis *a*, cuius pondus *abbm*. Haec autem tenditur pondere atmoſphaerae, hoc eſt, cylindro mercurii, cuius baſis eſt amplitudo tubi *bb*, altitudo autem *k*. Quare pondus tendens $= bbnk$. Quibus valoribus in praecedenti formula ſubſtitutis, habebitur vibrationum numerus $\frac{\sqrt{bbnk}}{\sqrt{bbma \times a}} = \frac{\sqrt{nk}}{a\sqrt{m}}$.

Quia vero altitudo *k* diverſis tempeſtatibus parum mutatur, atque eadem fere ſemper manet ratio *m* ad *n*; hinc patet, cylindricarum fiſtularum ſonos eſſe reciproce, ut tuborum longitudines; ita ut quo tubi breviores ſunt, eo acutiores reddant ſonos, et contra. Quod quidem egregie cum experientia conſentit; quum fiſtularum ſoni neque a tubi amplitudine neque a materia, ſed a ſola longitudine pendeant. Quotidianis enim experimentis norunt muſici, quoties inſtrumenta chordis inſtructa ſimul cum pneumaticis in concentu muſico adhibent, haec perquam mutabilia eſſe, illorumque chordas modo intendi, modo remitti debere. Obſervandum tamen etiam eſt, acutiorem reddi fiſtularum ſonum, ſi coelum fuerit maxime ſerenum cum ſummo calore coniunctum. Pendet quoque ſonorum ve-

hementia ab ipsa vi, qua inflantur fistulae, et a ratione, quam fistulae amplitudo ad longitudinem tenet. Et quidem fistularum et chordarum similis est ratio, atque chordarum crassities cum fistularum amplitudine comparanda est. Quemadmodum ergo non quaevis chorda ad omnes sonos edendos est accommodata, sed ad datum sonum certa quaedam crassities requiritur, ita etiam datae longitudinis fistula non pro lubitu ampla vel angusta fieri potest, sed certi sunt limites, quos si praetergrediaris, nullum prorsus sonum datura est fistula. Neque pro lubitu augeri vel minui potest inflatus vehementia. Nam si nimis languide fistula infletur, sonum edet prorsus nullum. At fortius, quam par est, inflata, non eum, quem debet, edit sonum, sed iusto acutiorem. Et quidem si maior sit inflatus vehementia, iam ampliores esse intelliguntur aeris in tubo contenti oscillationes. At oscillationum amplitudo tubi amplitudine ita determinatur, ut certum terminum transgredi non possit. Quare si fistula vehementius infletur, quam ad istum gradum requiritur, eumdem sonum edere non poterit; quod quidem etiam in chordis musicis iam antea observavimus. Quae autem de fistulis hactenus dicta sunt, ad eas tantum pertinent, quarum tubi formam habent vel prismaticam vel cylindricam, quales autem sonos daturi sint tubi, si fuerint divergentes vel convergen-

tes, aut alterius figurae, problema est longe difficilius. Si tamen figurae fuerint similes, et datus sit fistulae unius sonus, inveniri poterit fistulae similis sonus, non secus ac factum est in fistulis cylindricis.

Ad tubos divergentes referri debent tubi *stentorophonici*, quorum vis est maxima ad vocem articulatam longius propagandam. Optima tubarum vocalium figura illa est, quae fit ex conversione parabolae circa axem, constituto tubae orificio in ipso parabolae foco. Hac enim structura fit, ut radii sonori, qui angulum reflexionis aequalem efficiunt angulo incidentiae, saltem magna ex parte reflectantur ad axem tubae paralleli (*ex natura parabolae*). Tubus ellipticus parabolico iungi solet ita, ut elliptici focus unus coincidat cum foco parabolici, et os loquentis in altero ellipseos foco constituatur. Qua ratione fit, ut radii sonori ab ore in tubo elliptico ad focum parabolici partim directi, partim reflexi dirigantur, (*ex natura ellipseos*) et deinde in tubo parabolico paralleli progrediantur. Tubis stentoreis adnumerandae sunt omnes tubae militares aut venatoriae. Exiguus enim sibilus, quem edit tubicen, constricto aëre inter labium et tubae oram, in validissimum erumpit sonum. Accurate autem observandum est, instrumenta illa a figura parabolica longe discrepare. Sunt enim versus axem convexa. Itaque incrementum soni non pendet ex paral-

lela directione soni, sed, ut ait Newtonus, ex Fig.
motus *reciprocatione.* Talis nempe est tubae figura, ut sonus ab uno pariete ad alterum repellatur, ut non nisi post innumeras reflexiones sive reciprocationes foras emittatur; ac proinde motu novo a recurrentibus aeris particulis impresso maxime augetur.

Ex iisdem principiis pendent sonorum repetitiones seu *echo.* Si sonus e centro quovis
A directe propagatus, in obstaculum planum 7.
satis magnum *BC* incurrat, et ex *A* ducatur ad *BC* perpendicularis *AE*, producaturque ad *H*, ut sit $EH = AE$, sonus reflexus eodem fere modo percipietur, ac si ex loco *H* tamquam centro directe propagaretur, ob angulum reflexionis aequalem angulo incidentiae. Similiter si sonus a centro quovis propagatus in obstaculum quodlibet impingat, a quo ita reflectatur, ut post reflexionem radii sonori in centrum aliud convergant, sonus reflexus tamquam ex hoc secundo centro propagatus audietur. Quare si radii sonori satis densi ad aurem appellentes, et soni unius sensationem producentes ab aure in diversa centra convergant; locus, ex quo sonus propagatur, non bene distinguetur. At si sonus producatur in loco *A*, et deinde ab obstaculo quovis *BC* reflectatur, tamquam ex centro *H* propagatus, auditor in loco *R* sonum directum per *AR* propagatum percipiet primum; deinde sonum reflexum quasi ex

centro *H* procedentem, postquam motu directo spatium *AR*, et motu reflexo spatium *FR* descripsit, audiet. Idem igitur sonus audietur bis, modo tamen distantiarum *AR* et *AFR* differentia tanta sit, ut sonus directus et sonus reflexus eodem sensibili momento organum auditus non adficiant. Nam si sonus reflexus ad aurem perveniret eo tempore, quo soni directi impressio adhuc in ea perseverat, non geminus sed intensior tantum sonus audiretur. Porro experientia constat, sonos vix posse distingui, si plures quam novem circiter syllabae tempore minuti unius secundi successive producantur. Quare ne sonus reflexus cum directo confundatur, inter eorum ad aurem appulsus intercedere oportet partem nonam minuti unius secundi, quo tempore sonus describit spatium 127 pedum londinensium circiter. Hoc igitur spatio minor esse non debet distantiarum *AR* et *AFR* differentia, ut sonus reflexus distincte percipi possit in *R*. Si plura sint obstacula iustis intervallis dissita, in quae sonus directe offendat, is quasi ex variis locis saepius repetitus audietur. Ita machinarum bellicarum fragorem et tonitrus boatum circumiecta aedificia vel crassiores nubes pluries referunt. Ex sonorum reflexione et ex parabolae vel ellipseos proprietate pendet, quod maxime mirari solet imperitum vulgus, in amplissimis quibusdam cubiculis, atque etiam in tem-

plis tantum soni incrementum, ut si quis demissiori etiam voce mussitaverit, ab alio, qui in convenienti licet maxime distanti loco fuerit constitutus, distincte audiatur.

Duplicem iam consideravimus instrumentorum speciem. At praetermittendum non est vocis instrumentum, quod ad utrumque instrumentorum genus pertinere videtur. Praeclarissima referemus experimenta, quae paucis abhinc annis de animalium voce habuit vir clariss. D. Ferrein. Ex anatomae notum est, *tracheam* sive *asperam arteriam* esse canalem, qui prope fauces per anteriora colli ad pectus descendit, et in multos ramos, *bronchia* appellatos, per universam pulmonum substantiam disseminatur, ut omnibus eorum cellulis aut vesiculis possit aerem suppeditare. Huius canalis caput, quod *laryngem* vocant, media rimula pertusum est, quae rimula *glottis* dicitur, et fistulae peristomium imitatur. Circum glottidis labia conspiciuntur fibrae tendinosae, quas *chordas vocales* ob illarum officium appellare laudato viro placuit. Dum pectus musculorum vi attollitur, aer exterior vesiculis pulmonaribus sese inserit, non secus ac sublato embolo antliae cavitatem ingreditur. Hic motus, quo fit, ut pulmones aerem admittant, *inspiratio* dicitur. *Exspiratio* autem vocatur motus contrarius, quo depressi pulmones aerem expellunt, atque motus uterque communi nomine *respi-*

ratio appellatur. His positis, totum vocis artificium ita explicatur. Dum aer e pulmonibus per tracheam eiicitur, glottidis fibrillas vellicat, motuque tremulo agitat. Illae autem fibrillae pro tonorum varietate maioris vel minoris tensionis capaces sunt, atque ad illam tensionis varietatem producendam laryngis cartilaginibus aptatos musculos deprehendit D. Ferrein. Ex his omnibus iam suspicio oriri potest, vocis organum ad chordas sonoras atque etiam ad instrumenta pneumatica pertinere. Tendinosae fibrillae hinc et inde ad glottidis labia protensae cum duplici chordarum serie in clavicymbalo possunt comparari; glottis ipsa pro earumdem chordarum intervallo haberi potest: pennarum, quibus chordae vellicantur, locum tenet aer fibrillas agitans: vis autem huius aeris pulmonum actione producta digitorum officio fungitur. Hanc coniecturam ita confirmant experimenta, ut extra omnem dubitationem posita videatur. Ex animalium cadaveribus trachea simul cum larynge abstrahitur, tensis deinde magis vel minus glottidis fibrillis, aer in tracheam ore immittitur: pro maiori vel minori tensionis gradu diversi audiuntur toni. Ita pulchre succedit experimentum, ut diversi animalium toni clare distinguantur: tauri mugitus, latratus canis, ovis belatus facile discernuntur. Fibrillarum seu chordarum vocaliun vibrationes attentis oculis sese con-

spicuas praebent. Si eaedem fibrillae digitis vel instrumento aliquo stringantur, atque ad varias longitudines contrahantur, inflata larynge, diversos edent tonos. Quod autem in praedictis experimentis aër praestat, id in vivis animalibus exsequitur natura. Etenim demonstrat anatome, chordas vocales horizontaliter extensas extremitate anteriori *cartilagini scutiformi* adnexas esse, extremitate autem posteriori adligatas esse *cartilagini arytenoideae*. Cartilago autem scutiformis hinc et inde cartilagini annulari innititur, atque his duobus fulcris tamquam centro in arcum curvilineum flectitur modo a parte antica retrorsum, modo a summo deorsum, et contra. Talis autem motus fieri non potest, nisi cartilagines illae chordas vocales trahant in partes oppositas; nempe cartilago scutiformis trahit a parte postica antrorsum, cartilagines autem arytenoideae trahunt a parte antica retrorsum. Itaque chordae vocales magis vel minus tenduntur. Experimenta illa in animalium cadaveribus instituta unusquisque in se ipso facile sumere poterit. Si enim digitum gutturi quis immittat ita, ut ad spatium praedictis cartilaginibus interceptum pertingat; facile experietur, nullum produci posse tonum acutiorem, nisi pressionem aliquam digito sentiat. Contra autem si tonum graviorem edere tentaverit, in partem contrariam cartilago movetur, et digito libertatem restitui experietur. Ex his principiis, et diver-

sa nempe fibrillarum conformatione et tensione, explicari potest in diversis hominibus atque etiam in eodem homine diversa aetate vocis varietas. Sed haec omnia facile colliget, quisquis explicatam sonorum doctrinam probe intellexerit.

Ceterum quae hactenus explicavimus, longe differunt ab iis, quae antea tradiderat D. Dodart. In glottidis labiis admittebat quidem fremitum aliquem, sed fremitum hunc ad tonorum varietatem secundario tantum conferre existimabat, atque ex diversa glottidis apertura totam vocis melodiam repetebat. At opinionis falsitatem demonstravit D. Ferrein. Glottidis amplitudinem sive aperturam per gradus mutavit, eadem manente fibrillarum tensione; contra autem servata glottidis apertura, tensionis gradus mutavit; in primo casu eumdem, in altero autem diversum audivit tonum. In his autem omnibus experimentis solam tonorum varietatem simul cum larynge a ceteris partibus abstractam adhibuit vir clarissimus. At si sonus organis extra laryngem positis, gutturi nempe, dentibus, linguae, labiis, genis, naribus, palato admiranda motuum varietatem illidat; iam sonus in vocem articulatam erumpit. Hanc autem motuum varietatem ad litteras exprimendas necessariam surdos natos saeculo proxime elapso docebat Iohan. Conradus Amman medicus amstelodamensis, atque etiam num parisiis exstat vir stupendae industriae, qui intra breve

tempus mira successus felicitate surdos loquelam docet.

Soni doctrinam in aëre et in instrumentis sonoris hactenus consideravimus. Vltima iam superest huius articuli pars, quae est de ipso auditus organo. Praecipuas eiusdem organi partes, quantum officii nostri est, ordine describemus, illarumque usum exponemus. Externa auris pars oculis subiecta dicitur *auricula*, quae est cartilago sive membrana capitis cuti firmiter adnexa, hinc inde prominens, et in modum conchae expansa ad aërem maiori copia excipiendum. Hinc ii, quibus resecta est auricula, minus distincte audiunt, et manu instar cornu inflexa uti solent. Conchae adiacet *meatus auditorius* partim cartilagineus, partim osseus, qui variis flexibus velut spiris contorquetur, ut reflexionum numerus, ideoque et sonus augeatur. In fine meatus auditorii occurrit membrana quaedam subtilis annulo osseo imposita, nullo foramine pertusa, versus meatum auditorium tantisper cava, versus interiora auris convexa: haec *membrana tympani* appellatur. Quandoquidem vero variis aëris motibus excipiendis haec eadem tympani membrana modo laxari, modo tendi debuerat; huic operi ossicula quattuor a sapientissimo divinoque artifice destinata conspiciuntur, *malleolus* nempe *incus*, *stapes* et *os orbiculare*. Malleolus sua cauda tympano nectitur, capite incudi, cui subiectus est stapes, hic autem cum ossiculo orbiculari con-

iungitur. Illa autem quattuor ossicula sic inter se iunguntur, et adiunctis musculis trahuntur, ut tympani membranam modo laxiorem, modo tensiorem reddi oporteat. Itaque dum extrema stapedis pars contrahitur, adnexa illi incus impelli debet, eademque contractio diffundi in malleolum, qui cum altera sui parte tympano adhaereat, tympanum ipsum debet contrahere, eiusque membranam duriorem reddere. Praedicta ossicula continentur in cavitate, quae *tympani cavitas* appellatur. In cavitatem tympani hiat *tuba eustachiana*, quae est canalis longior partim osseus, partim cartilagineus, per palatum protensus, communicans cum aëre externo, qui ore et naribus hauritur. In eamdem cavitatem hiant quoque *orificia cellularum mastoidearum* et fenestrae duae; *ovalis*, quam tegit stapes, et *rotunda*, quae tenui membrana tegitur.

Iam consideravimus meatum auditorium et cavitatem tympani. Contemplanda superest *spelunca* alia, ut dicunt, quae *ossis petrosi* cavitates continet, et *labyrinthus* vocatur. Media labyrinthi cavitas appellatur *vestibulum*, ad quod ducit fenestra ovalis. Ad cavitates labyrinti pertinet etiam cochlea, cui opponuntur tres canales *semicirculares* dicti: illi autem canales per quinque foraminula hiant in vestibulum. Maxime autem considerari debet admirabilis cochleae structura, hoc nomine appellata eo, quod cochleae figuram imitetur, in varios

gyros sinusque inflexa. Huius quidem spirae initio latiores sunt et ampliores, deinde vero sensim contrahuntur. Huic autem ossi lege admirabili contorto subtiliores atque molliores nervorum fibrae a septimo pari diffusae superextensae conspiciuntur. Ad labyrinthum quoque referri potest *processus mastoideus*, qui cellulas plurimas intus continet; quarum quidem cellularum beneficio sonus admodum multiplicatur. Tandem ultima cavitas est *aquaeductus fallopii*, qui est canalis longior e labyrintho protensus, in osse petroso insculptus, nervum *acusticum* seu *auditorium* continens. Nervus autem ille in duos ramos dividitur, *mollem* scilicet et *durum*. Mollis per labyrinthum distribuitur, durior autem per varios ramulos tendit ad tympanum, aurem externam, aliasque vicinas partes.

Ex his licet brevius explicatis iam intelligere licet, qua ratione in nobis excitetur sensatio soni. Sonus, qui in aëre externo producitur, in auriculam incidit, et concham ingreditur; unde in meatum auditorium defertur. Hinc transmittitur in tympani membranam, quae sic concussa ad modum aëris incidentis contremiscere incipit. Huius membranae fremitus communicatur aëri in tympani cavitate contento, qui per tubam eustachianam illuc advenit, atque in eodem aëre pulsus excitantur. Hic motus per fenestras propagatur ad fibrillas nerveas, quae internas superficies vestibuli et trium canalium

semicircularium vestiunt. Agitantur etiam ad modum aëris diversa atque consona, quae per cochleam secundum harmoniae leges extenduntur, nervi acustici filamenta, et deinde motus per nervum acusticum ad cerebrum usque transfertur, et anima sonum percipit. Aliquem aërem, quem *innatum* dicunt, in labyrinthi cavitatibus latere vulgo creditur. Verum ficticius omnino videtur aër ille, quum nullus intra cavitates labyrinthi aditus, exitus nullus umquam observari potuerit. Et praeterea ad explicandum auditus artificium nullius omnino est utilitatis; praesertim si verum sit, quod paucis abhinc annis traditum est, mulierem bononiensem rerum anotomicarum peritissimam detexisse communicationem inter utramque fenestram et chocleam, ope duorum musculorum, qui a fenestris cum nervo auditorio connectuntur. Quare nulla est aëeris innati necessitas. At necessarium omnino esse, patet, aërem in tympani cavitate contentum. Hinc nascitur surditas, si tubae eustachianae hiatus obstruatur. Ea de causa fit, ut pictores, dum in tabella auditorem aliquem intensius attentum pingere volunt, cum ore patulo pendulaque maxilla inferiore, repraesentare soleant.

Vnum iam superest investigandum, qua scilicet ratione fieri possit, ut diversi per aërem tremores sine ulla tonorum confusione eodem tempore ad aures propagentur, variasque excitent soni sensationes. Et quidem in concentu

musico soni tam graves, quam acuti eodem tempore distincte audiuntur. Tanta est propositi phaenomeni difficultas, ut merae hactenus habeantur coniecturae, et vix aliquid amplius umquam sperandum sit. Ingeniosissima sane est hypothesis viri doctissimi D. de Mairan, qui in aëris particulis diversos admittit elasticitatis atque tensionis gradus, et diversos veluti tonos ita, ut aliae particulae tardius, aliae velocius suas vibrationes perficiant, atque ita diversas sensationes producant. Si chorda musica motu oscillatorio agitetur, haec motum suum transfert potissimum in aëris particulas unisonas, eodem scilicet elasticitatis et tensionis gradu praeditas. Illae igitur aëris particulae instar chordae eunt et redeunt. Inde rationem reddunt aliqui physici, cur corda unisona etiam non pulsata, si tamen fuerit proxima, resonet, et tonum edat. Quum enim chorda illa ad chordae pulsatae modum contremiscere apta sit, recurrentibus aëris pulsibus, motum accipit, tonumque producit. Simili modo aliae sunt aëris particulae, quae eodem tempore duplum absolvunt vibrationum numerum. Illae igitur velocitates aëris vibrationes in chordam ipsam transferri debent, debilius tamen, utpote integra chordae vibratione turbatae. Atque hinc fieri aiunt, ut praeter tonum totius chordae, quem *fundamentalem* dicunt, audiatur etiam tonus, qui *octava* vocatur, aliique etiam toni excitentur non solum in chorda pulsata, sed in proximis

quoque chordis licet intactis. Generatim rem ita explicant. Si chordae duae proximae in partes aliquotas dividi possint, quae sint inter se ad unisonum, aut quod idem est, quae vibrationes isochronas peragant, et harum chordarum una pulsetur, sonumque edat; chordae duae sese in partes aliquotas veluti divident, recurrentibus aëris particulis, ut ad unisonum reducantur. Ita si capiantur eiusdem chordae partes duae, quarum ratio sit 2 ad 3, et aequaliter tendantur, alteraque pars pulsetur; dividetur minor chorda in partes duas, et maior in partes tres, quae singulae seorsum vibrationes suas perficient. Nam brevior chorda, duarum nempe partium, tres vibrationes perficit, dum chorda longior partium trium duas tantum absolvit. Quare chorda brevior frequentiores in aëre pulsus excitat, quorum recursu chorda longior citius, quam par est, agitatur. Et quum utriusque chordae aërisque oscillationes congruere non possint, nisi singulae chordarum partes aliquotae et aequales suas vibrationes seorsum peragant, motus ille conspirans, tam in chordis quam in aëre tandem producitur. Haec quidem tonorum multiplicitas experimentis demonstratur, sed demonstrata non est adlata experimentorum ratio. Etenim, ut alias praetermittam difficultates plurimas, si diversae aëris elasticitati tribuenda sint haec musices phaenomena; ¿cur audiuntur dumtaxat soni tono principali acutiores? Non minus distincte graviores toni in hac

hypotheſi audiri deberent ; quum in utroque caſu iisdem motibus recurrant , atque conſpirent aliae aëris particulae , quae unam vibrationem peragunt , interea dum chorda tota vibrationem unam perficit. Sed haec ſatis dicta ſint in re admodum difficili et numquam fortaſſe explicanda.

APPENDIX.

De quibusdam capitis praecedentis utilitatibus.

I.

Explicatam in praecedenti articulo doctrinam intelligendis muſices principiis utiliſſimam eſſe, ex dictis iam manifeſtum eſt. Hanc autem utilitatem paucis, quantum licet , declarabimus. Muſica dicitur ſcientia varios ſonos ita coniungendi, ut auribus gratam exhibeant harmoniam. De tonorum varietate nonnulla exponemus , et de ſuavitatis muſicae cauſa pauca adiungemus. *Intervallum* apud muſicos appellatur differentia inter duos ſonos ratione *gravitatis* et *acuminis* ita, ut quo maior eſt differentia inter graviorem , et acutiorem ſonum, eo maius quoque intervallum eſſe dicatur. Quare ſi differentia ſit nulla , nullum quoque eſt intervallum , illudque intervallum *evaneſcens* appellatur *uniſonus*. Si intervallum fuerit 2 : 1 , ſi nempe ſoni rationem duplam teneant , intervallum dicitur *octava*. Sed primaria ſonorum intervalla iam definivimus , nunc vulgarem tonorum

scalam explicabimus. Haec notissimis vocibus exprimitur, *ut*, *re*, *mi*, *fa*, *sol*, *la*, *si*, *ut*. In hac autem scala praecedentes toni ex ordine tenent sequentium numerorum rationem, nempe 1. $\frac{9}{8}$. $\frac{5}{4}$. $\frac{4}{3}$. $\frac{3}{2}$. $\frac{27}{16}$. $\frac{15}{8}$. 2. Ex hac numerorum serie patet, aequalia esse vel fere aequalia intervalla inter *ut re*, *re mi*, *fa sol*, *sol la*, *la si*. Verum intervalla inter *mi fa*, et *si ut* licet aequalia inter se, praecedentium intervallorum sunt tantum dimidia. Quare intervalla *mi fa*, *ut si* appellari solent *hemitonia*, reliqüa autem intervalla *ut re*, *re mi* cet. toni proprie dicuntur, ut autem perspicua intervallorum notio habeatur, docendum est qua ratione soni duo fractis nümeris expressi possint inter se comparari. Ita si comparandi sint soni *mi*, *sol*, qui exprimuntur numeris $\frac{5}{4}$, $\frac{3}{2}$, multiplicetur numerator 5 per denominatorem 2, deinde numerator 3 ducatur in denominatorem 4; habebuntur numeri duo integri 10, et 12, ac proinde sonorum illorum ratio, sive quod idem est, intervallum exprimetur ratione eorumdem numerorum 10, 12 vel 5, 6; atque sonorum intervallum eo maius erit, quo magis ratio illa differt ab unitate. Nec difficiliüs numeris exprimitur sonus aliquis; cuius data est ratio ad alium quemlibet sonum datum Ita invenienda sit tertia maior quintae $\frac{3}{2}$. Haec tertia maior debet esse $\frac{5}{4}$ ipsius quin-

tae, ut patet ex tertiae maioris et quintae definitione. Nam tertia maior soni cuiuslibet est $\frac{5}{4}$ eiusdem soni. Quare fractiones duae $\frac{5}{4}$, $\frac{3}{2}$ in se invicem multiplicari debent, orieturque nova fractio $\frac{15}{8}$, quae erit tertia maior quaesita. Haec omnia statim manifesta sunt ex demonstratis in arithmetica, ubi de numeris fractis. Simili ratione in aliis quibuslibet tonis operatio institui debet. Ita ratio *si ut* est $\frac{15}{16}$ ad 1 seu 25 ad 16, atque eadem est ratio *mi fa*, nempe $\frac{5}{4}$ ad $\frac{4}{3}$ seu 15 ad 16. Hinc patet, hemitoniorum intervalla esse tonorum integrorum intervallis dimidio circiter minora. Etenim ratio *ut*, *re* est $\frac{8}{9}$, ratio autem *si ut* vel *mi fa* $\frac{15}{16}$, quae duae rationes si conferantur cum unitate, differentiae inveniuntur $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{16}$, quarum una est altera circiter duplo maior. Iam ad vulgarem scalam variosque tonos redeamus.

Si intervallum componatur ex tono et hemitonio; ut *mi sol*, *la ut*, *re fa* dicitur *tertia minor*. Intervallum ex duobus tonis compositum, quales sunt *ut mi*, *fa la*, *sol si*,

vocatur *tertia maior*. Intervallum ex duabus tonis et hemitonio compositum, quales sunt *ut fa* vel *sol ut*, appellatur *quarta*. Si intervallum constat ex tribus tonis, quales sunt *fa si*, vocatur *trito* vel etiam *quarta superflua*. Intervallum ex tribus tonis et hemitonio compositum, quale est *ut sol*, *fa ut*, *re la*, *mi si*, vocatur *quinta*. Si intervallum componitur ex tribus tonis et duobus hemitoniis, quale est *mi ut*, appellatur *sexta minor*; dicitur autem *sexta maior*, si intervallum ex quattuor tonis et hemitonio componatur, quale est intervallum *ut la*. Si intervallum ex quattuor tonis constat et ex duobus hemitoniis, quale est *re ut*, dicitur *septima minor*. At vocatur *septima maior*, si intervallum ex quinque tonis et hemitonio componatur: tale est itervallum *ut si*. Tandem si intervallum ex quinque tonis et duobus hemitoniis compositum fuerit, quale est *ut ut*, appellatur *octava*. Evidens autem est, illas tonorum definitiones convenire cum iis, quas in articulo praecedenti tradidimus. Vnicum exemplum adferre satis sit. Intervallum *mi sol* est *tertia minor*; nam *mi* in scala vulgari exprimitur per $\frac{5}{4}$, *sol* autem per $\frac{3}{2}$, quare intervallum inter *mi* et *sol* exprimit ratio fractionum $\frac{5}{4}$, $\frac{3}{2}$, quae quidem ratio est 10 ad 12, vel 5 ad 6, ac proinde interval-

lum illud est *tertia minor*, ut antea explicabimus. Si praecedentibus tonis in instrumento musico certus adsignetur vibrationum numerus, vel quod idem est, datus *gravitatis et acutiei* gradus, atque deinde toni illi duplo acutiores reddantur, nova obtinetur scala, in qua toni singuli ad tonorum praecedentium *octavam* adscendunt. Quia vero a primo *ut* ad secundum *re*, alterius scilicet superioris vel *adscendentis* scalae, novem soni computantur; ideo intervallum inter illos duos sonos dicitur *nona*, quam componi manifestum est ex sex tonis et duobus hemitoniis. Simili ratione intervallum inter *ut* primae scalae, et *fa* secundae, vocatur *duodecima*, atque ita deinceps. Dupla octava appellatur *decima quinta*. At *decima septima* vocatur dupla octava tertiae, et *decima nona* dicitur dupla octava quintae. Totam rem numeris explicabimus.

Si tonus aliquis dicatur 1, illius octava acutior erit 2, gravior autem octava $\frac{1}{2}$. Numeri illi exprimunt vibrationum numerum dato aliquo tempore peractarum. Quare ut toni alicuius octava acutior habeatur, numerus hunc sonum exhibens per 2 multiplicari debet; si vero multiplicetur per $\frac{1}{2}$ habebitur octava gravior. Itaque si sonus aliquis v. g. *ut* dicatur 1, illius octava acutior erit 2, dupla octava erit 4, tripla 8. Contra autem octava gravior erit $\frac{1}{2}$ dupla octava $\frac{1}{4}$, tripla o-

etava $\frac{1}{8}$ Simili modo numerus 3 exprimet duodecimam acutam, duodecima autem gravis erit $\frac{1}{3}$. Ita decima septima maior acuta erit 5, gravis autem $\frac{1}{5}$. Facile patet, duodecimam acutam toni alicuius esse octavam quintae eiusdem toni. Etenim si tonus *principalis* dicatur 1, erit quinta $\frac{3}{2}$, cuius octava est 3. Simili ratione decima septima maior acuta, est dupla octava tertia maioris eiusdem toni. Etenim quinta exprimitur fractione $\frac{5}{4}$, quae multiplicata per 4, ut habeatur dupla octava, abit in 5, nempe in decimam septimam maiorem acutam. Porro evidens est, quinque tonos, qui vulgarem scalam constituunt, in duos semitonos veluti divisos concipi posse. Ita inter *ut* et *re* medius est tonus, qui *ut* semitono superat, et a sono *re* deficit eodem semitoni intervallo. Si aliquis scalae tonus semitoni intervallo gravior reddatur, dicitur *bemollis*; vocatur autem *diesis*, si eodem intervallo fiat acutior. His praemissis, quae quidem musices amatoribus probe cognita esse debent, iam referendum est praeclarissimum sane experimentum, quo musicae doctrinae pars maxima innixa videtur. Si chorda aliqua musica, praesertim crassior, plectro pulsetur, praeter tonum *principalem* sive *fun-*

damentalem auditur octava eiusdem toni, et praeterea duodecima et decima septima maior acuta satis facile distinguuntur, hoc est, octava acuta quintae, et dupla octava tertiae maioris. Id quidem iam diu notum est. At subtilius aliud experimentum habuere recentiores musici. Si nempe comparantur chordae duae, quarum una sit ad duodecimam gravem chordae pulsatae, altera autem ad decimam septimam maiorem gravem; fremitus quidam in duabus illis chordis observatur, nullus tamen auditur sonus. Praeterea chordae illae in partes veluti dividuntur, una scilicet in tres partes aequales, altera autem in quinque. Atque partes illae, in quas dividuntur chordae, soni principalis octavam redderent, si non fremitum dumtaxat sed sonum quoque ederent. Iam tonus fundamentalis dicatur *ut*. Quia vero eadem chorda producit duodecimam et decimam septimam maiorem, audietur quoque octava ipsius *sol*, et dupla octava toni *mi*. Quare quum octavam *sol* et duplam octavam *mi* quasi sponte instrumenta ipsa suppeditent; hinc colligitur, duos praedictos tonos simul cum tono *ut* consonantiam magis naturae consentaneam, ac proinde et magis perfectam reddere.

Simili ratione illa tonorum consonantia voce expressa, foret omnium perfectissima. At quia vocis limites tam magna intervalla, non facile permittunt, praedictis tonis illorum octavae substituuntur. Hinc nascitur can-

tus *ut*, *mi*, *sol*, *ut* omnium simplicissimus et maxime facilis, in ipso corpore sonoro habens originem. Quia vero in hoc cantu *ut*, *mi*, *sol*, *ut* tertia *ut mi* maior est, hinc cantus ille *modus maior* appellatur.

In secunda experimenti parte percipitur fremitus duodecimae gravis, et decimae septimae maioris itidem gravis. Hinc derivatur alter *modus*, qui *minor* appellatur, cuius denominationis rationem explicabimus. Quum tertia minor gravis sit *la*, tertia maior gravis erit *la bemollis*. Nam tertia maior a minori differt hemitonio, sed intervallum *ut la* est tertia minor; ergo intervallum *ut la bemollis* erit tertia maior. Quare decima septima maior gravis erit dupla octava ipsius *la bemollis* gravis. Simili modo quum quinta gravis sit *fa*, duodecima gravis erit octava ipsius *fa* gravis. Itaque quum toni substitui possint octavis, hinc oritur cantus naturae consentaneus, *fa la bemollis ut*, in qua tertia *fa la bemollis* minor est, ut ideo modus ille appellatur *minor*.

Verum quia resonante tono principali *ut* in tonis *fa la bemollis* fremitus dumtaxat percipitur, nullus autem sonus, qui in primo modo auditur, hinc modus minor minus perfectus est quam modus maior. Ex his principiis musicae compositionis leges derivarunt viri celeberrimi eruditique *orphei*. Sed nobis satis sit ea breviter exposuisse, quae in chor-

darum musicarum vibratione observantur. De suavitatis musicae causa, re quidem valde obscura, aliquid subiungemus, quod sua utilitate non caret, et sic *miscebimus utile dulci*.

II. Propria experientia unusquisque novit, ea sibi placere, quorum ordinem iustamque dispositionem percipit. Ita si contemplemur horologium, id maxime nobis placebit, si ex eius structura intelligimus, singulas illius partes ita esse connexas, ut ad tempus accurate indicandum concurrant. Exemplo etiam sit architectura, quae *gothica* appellatur. Haec ornamentorum multitudine laborat, atque intuentium oculos animumque defatigat. Quia vero sine partium varietate nullus rerum ordo esse potest, hanc primariam suavitatis causam unusquisque in se ipso experitur, nempe consensum sive ordinem in varietate. Et quidem nobis displicet nimis longa rerum vel obiectorum similitudo: maxime delectamur lectione librorum, qui maximam nos docent rerum varietatem: contra autem taedio adficimur, si res easdem frequentius repetitas legamus. Hanc generalem suavitatis rationem ad musicam transferre tentarunt doctissimi viri, hac nempe ratione.

Duo in sonis potissimum consideranda sunt, quae ordinem possunt continere, sonorum scilicet *gravitas* vel *acumen*, et eorum *duratio*. Itaque placebit musicus concentus, si ordinem, quem inter se tenent soni, illorumque

durationem percipimus. Duorum sonorum ordinem intelligimus, si percipiamus rationem, quam vibrationum eodem tempore editarum numeri inter se habent. Ita si aliquis sonus eodem tempore tres pulsus perficiat, dum alter duos tantum absolvit, iam eorum relationem atque ordinem cognoscimus. Simili modo plurium sonorum mutuam relationem comprehendimus, si rationes omnes, quas singulorum tonorum numeri inter se habent, perspectas habeamus. Quia vero in sonorum duratione ordo etiam este potest; ex hac causa voluptatem etiam capiemus, si rationes, quas singula durationum tempora inter se tenent, percipiamus. Quum autem soni graviores eodem tempore pauciores edant pulsus; perspicuum est, sonorum acutorum rationem facilius quam gravium percipi posse, eodem tamen manente tempore, et mutato dumtaxat vibrationum numero. Haec itaque regula merito observatur, ut nempe gravioribus sonis maior tribuatur duratio, acutioribus minor, atque eamdem ob causam sonos eo magis producendos esse intelligitur, quo magis sunt compositae et perceptu difficiles tonorum rationes. Fieri tamen potest, ut acutiores soni tardius aliquando incedere debeant, graviores autem celeriter progredi possint, si nempe hi simplices, illi vero compositas teneant rationes. Hinc intelligitur modi utriusque *maioris* scilicet et *minoris* perfectio, quum

sonorum ordinem atque relationem natura ipsa nobis suppeditet. Verum quidquid hactenus dictum est de sonorum ordine illorumque mutua relatione, non ita intelligendum volumus, quae nonnullorum est opinio, quasi ex ipsa numerorum natura facilique vibrationum proportione suavitas musica derivari possit. Et quidem si ex ipsa vibrationum natura illarumque facili ratione pendeat harmoniae iucunditas ¿quid causae esse poterit, cur tertia minor, in qua vibrationes sunt ut 5 et 6, gratissimam auribus exhibeat consonantiam; contra autem soni, quorum vibrationes sunt ut 6 et 7 aures durissime offendant? ¿Ecquis sibi facile persuadebit, iucundissimam esse primam consonantiam, quia singulae sex vibrationes simul recurrunt; in alio autem sono acerbe aures adficiuntur, quia singulae tantum septem vibrationes simul recurrere audiuntur? ¿Ecquis intelliget tantam sensationum differentiam ex minima tonorum differentia, quae est dumtaxat $\frac{1}{36}$, nempe pars 36.ª Igitur per vibrationum relationes perceptu faciles intelligimus tantum illas tonorum rationes, quas instrumentorum nostraeque vocis natura exhibet, atque nomine consonantiarum illas dumtaxat significamus sonorum combinationes, quae ad praecedentes modos referuntur; contra autem, si ad modos illos soni non possunt referri, *dissonantiae* appellantur.

Iucunditatem semper adferunt consonantiae. Quamvis autem displiceant dissonantiae, eas tamen aliquando adhibere licet, non tamen sine aliqua praeparatione, et dummodo ad perfectissimam consonantiam statim transitus fiat. In dissonantiarum usu ars est maxima. Et quidem si dissonantiarum labori et tristitiae succedat consonantiarum facilitas et iucunditas, brevi taedio quasi sublevati maiorem deinde capimus voluptatem. Frequentiores autem usurpari solent dissonantiae in iis musicarum compositionum generibus, quae ad dignitatem et maiestatem formata esse debent, quales sunt concentus sacri, pro templorum maiestate et religione compositi.

Ex iis, quae hactenus diximus, probabilissime colligitur, suas esse, et quidem certissimas artis musicae leges, nullo hominum arbitrio mutabiles. Fatendum tamen est, suavitatem musicam ex gentium moribus atque ingenio non parum pendere. Etenim quum sensationibus repraesentandis accommodata sit musica, pro diversa hominum indole magis minusve iucundum esse debet idem musicae genus. Evidens quoque est, ex diversa organi conformatione repetenda etiam esse diversa de musicae suavitate hominum iudicia. Itaque si homines iisdem sensationibus diversimode adficiantur, si organum auditus sit varie conformatum ita, ut validius vel debilius flectatur atque moveatur; iam diversas de

musicae suavitate opiniones ex his causis oriri necessum est. Hac igitur ratione absolvi posse videtur pervulgata quaestio de musicae varietate. Dum enim disputari solet, usurpatum a natione aliqua musicae genus non esse naturae consentaneum, res perinde se habet, ac si vernaculum in eadem natione sermonem naturae consonum esse negaretur, et quidem linguae in qualibet natione ad exprimenda hominum sensa sunt institutae, atqne talis esse debet musicae perfectio, ut voces ideoque et hominum indolem, quantum ars patitur, exhibeat. Sed haec pauca breviter attigisse satis sit, oblata occasione. Quidquid sit de musicae suavitatis causa et varietate; certissimum est, tantam esse harmoniae vim, ut non solum homines, quibus rite conformatum est organum, plurimum delectet, sed aliquos delicatiori auditu instructos mira dulcedine rapiat, variosque adfectus movere valeat. Quae quum ita sint, purior doctrina iubet, caute declinandos esse musicos concentus, qui ad excitandos adfectuum tumultus morumque sanctitatem corrumpendam videntur compositi.

SECTIO II.

De lumine et igne.

Quum lux et ignis communes quasdam et adfines proprietates habeant, utrumque argumentum eadem sectione complectemur. Id enim in nostris institutionibus maxime cavemus, ne ea separemus, quae sunt coniuncta. Itaque duo erunt huius sectionis capita. Primum de lumine; alterum de igne.

CAPVT I.

De lumine.

Triplici potissimum ratione lux considerari potest: nempe vel in corpore lucido, quod lucem emittit, vel in corpore, quod emissam lucem excipit, et tandem in ipso visionis organo. In hac autem divisione continentur etiam, quae de coloribus et iride in cultiore physica solent explicari. Itaque pro rerum tractandarum varietate et ordine varios instituemus articulos.

ARTICVLVS I.

De lucis natura et emanatione.

I.

Omnes tum veterum tum recentiorum philosophorum de natura lucis sententiae licet plurimum inter se dissidentes ad duo veluti capita referri possunt. Alii nimirum existimant, lucem esse qualitatem aliquam vel accidens, quod lucido corpori modo coniungatur, aliorumque accidentium instar inhaereat, modo ab illis separetur. Alii vero arbitrantur, lucis naturam positam esse in tenuissima quadam substantia corporea, quae celerrime agitata corpora illustret, aërem penetret, oculum subeat, nerveasque fibrillas percellens sensum quemdam in illis imprimat. Quod ad primam opinionem spectat, eam breviter et fortasse longius, quam par est, in sequenti conclusione refellemus. Quod vero attinet ad aliorum philosophorum sententiam, ii rursus naturam lucis diversimode explicant. Cartesius vorticum hypothesim heic pro more suo implorat, et rem totam ita exponit. Sol et stellae fixae ex tenuissimis corporibus, nempe ex materia primi èlementi seu subtili componuntur, et in globos conformantur, qui circa proprium axem vehementissimo motu convertuntur. Iam dum globuli illi aguntur

in gyrüm, conantur a centro motus recedere, atque hac vi centrifuga circunstantes secundi elementi globulos quaquaversum per rectam impellunt. Quia vero globulosa materia a sole stellisque fixis veluti centris, radiorum instar ad circumferentiam, hoc est, ad extremum vorticis protenditur, dum globulus soli conterminus subtilis materiae vi centrifuga impulsus movetur, idem motus per seriem globulorum propagatur, donec globulus oculo contiguus, et ad tremorem concitatus lucis sensationem excitet; et quidem *in instanti*, non secus ac agitata baculi extremitate alteram extremitatem statim moveri necesse est.

II. Cartesianam hypothesim validissimis argumentis impugnavit Newtonus, et fere demonstravit, lucem consistere in subtilissimis effluviis e corpore lucido tamquam centro per radios perpetuo emanantibus, et in omnem partem rapidissime vibratis. Itaque patet, cartesianam hypothesim a newtoniana sententia duplici ex parte maxime discrepare. I.° Cartesius nulla admitit e corpore lucido effluvia. II.° Lumen in instanti propagari adserit; quae duo negat Newtonus, cuius sententiam in sequenti conclusione explicabimus et confirmabimus.

CONCLVSIO.

Lvx consistit in effluviis e corpore lucido iugiter emanantibus, illiusque propagatio instantanea non est sed successiva.

Prob. 1. pars. Experimentis notissimum est, radios lucis in speculi *ustorii* foco collectos tantam vim concipere, ut ex durissimis quoque adamantibus fumum exprimere, corpora plurima in calcem vitrumque redigere valeant. Hi autem aliique id genus effectus intelligi nequaquam possunt, nisi tenuissima lucis corpuscula undequaque dispersa in minus spatium redigantur, vimque maiorem adquirant; ac proinde lux in perpetua seu iugi tenuissimarum particularum emissione consistit. Et re quidem ipsa corpora omnia lucida, ut flamma et ignis, dum lucent et urunt, tandem consumuntur, atque omnino dissipantur.

Neque est quod cartesianam vorticum hypothesim iam antea profligatam heic iterum refellamus. Satis erit ostendere, lucis propagationem consistere non posse in pressione quadam per fluidum aliquod elasticum diffusa. Etenim fluidum illud pressionem suam undequaque exerceret, non secus ac in sono videmus contingere. Itaque sol etiam latens sub horizonte nobis foret conspicuus, eo-

dem plane modo, quo sonus in quavis cubiculi parte per fenestram auditur. Ex his iam sic concluditur. E corporibus lucidis perpetuo seu iugiter emanant effluvia illa, quae experimentis sese manifestant, et quae lucis phaenomena omnino postulant; atqui sine perpetua corpusculorum emanatione explicari non possunt experimenta, lucisque phaenomena, quibus minime satisfacit fluidi elastici pressio; ergo lux consistit in effluviis e corpore lucido perpetuo emanantibus.

Prob. 2. pars. Luminis propagationem *instantaneam* non esse, sed tempore aliquo indigere, ex prima conclusionis parte manifestum est. Etenim quum effluvia e corpore luminoso ad oculos nostros emitti progredique debeant, motum illum in instanti fieri repugnat; quum quaelibet materiae translatio aliquod postulet temporis intervallum. Successivam luminis propagationem non solum demonstrant observationes astronomicae, sed ipsam quoque propagationis velocitatem ostendunt. Circa iovem satellites quattuor revolvuntur, ut circa terram luna. Et quemadmodum luna eclipsim patitur, ubi telluris umbram subit; ita quoque eclipsim patiuntur satellites, ubi iovis umbram subeunt, iove scilicet solem inter et satellites constituto. Satelles intimus horis circiter 42 revolutionem absolvit, et in singulis revolutionibus ob exiguam a iove distantiam in iovis um-

bra immergitur. Observatum autem est, tellure inter solem et iovem exsistente, satellitis ab umbra iovis emersionem citius contingere, quam per calculos astronomicos fieri debet. Contra autem sole inter iovem terramque constituto, praedicti satellitis emersionem tardius accidere observatur, quam secundum tabulas astronomicas fieri oporteret. Haec autem acceleratio vel retardatio nulla alia ratione intelligi potest, quam ex successiva luminis propagatione. Haec enim efficere debet, ut breviori temporis intervallo lux e minori distantia deferatur. Accuratissimis autem diuturnisque observationibus innotuit, totam temporis differentiam pertingere ad 14 minuta prima, iove accedente ad terram vel ab ea recedente per intervallum, quod duplae distantiae solis a terra aequale est. Quare attributa sunt minuta septem circiter propagationi successivae lucis a sole ad terram. Hinc tandem argumentari licet. Successiva est propagatio illa, quam instantaneam esse, et ipsi lucis naturae et observationibus astronomicis repugnat; atqui instantanea lucis propagatio et lucis naturae et modo recensitis observationibus repugnat; ergo lucis propagatio instantanea non est sed successiva.

SOLVVNTVR OBIECTIONES.

Obiect. adversus 1. partem. In hypothesi

newtoniana sol, qui lucis nostrae fons est et origo, per vastissima undequaque spatia a multis retro saeculis corpuscula perpetuo emitteret; et quidem sine ullo substantiae solaris detrimento, quod omni caret verisimilitudine. Quare sic argumentantur aliqui. Repugnat hypothesis illa, quae lucis solaris iacturam maximam et exstinctionem fere omnem induceret; atqui talis est sententia de effluviorum a corpore luminoso iugi emanatione; ergo lux non consistit in effluviis a corpore luminoso perpetuo emanantibus. Rep. N. min. Nullius momenti est obiectio illa, quae imperito quorumdam physicorum vulgo videtur gravissima. Licet sol distet a terra semidiametris terrestribus ad minimum 22000, et singulis horae semiquadrantibus, novo lumine impleat sphaeram toto globo terraqueo plusquam decies millies maiorem, inde tamen timenda non est solaris luminis iactura. Et quidem difficultatem penitus tollit immensa luminis tenuitas, quae omnem imaginandi vim longe superat. Satis sit observare, levissimam plumulam filo suspensam, immisso statim solis radio, ne leviter quidem agitari. Praeterea delicatissimum visionis organum, licet incurrentes perpetuo solis radios excipiat, nullam tamen ex huius materiae affluxu offensionem patitur. Verum quum tanta sit radiorum solarium velocitas, necessum omnino est, ut minimam et fere nullam contineant materiae quantita-

tem ; alioquin enim radii lucis immensa fere vi corpora impeterent, totamque telluris compagem disolverent. Haec autem responsio facilius intelligetur, si revocetur in memoriam praeclarissimum theorema, in quo demonstravimus, non repugnare, portionem materiae valde exiguam in vastissimam sphaeram ad saturnum usque extendi, iisdem manentibus, quae in praesenti rerum statu observamus, phaenomenis. Quae quum ita sint, substantiae solari reparationem aliquam frustra quaesiverunt nonnulli.

Obiect. 2. Lux corpora quaedam penetrat, in aëre, crystallo aliisque pellucidis corporibus liberrime diffunditur, et quidem secundum lineam rectam. Hinc lucem *accidens* esse, ac proinde illius propagationem in subtilissimis effluviis positam non esse, tali ratiocinatione concludunt peripatetici. Verisimile non est, subtilissima etiam effluvia intimam corporum substantiam pervadere, et per vastissima spatia motu rectilineo propagari ; ergo falsa est conclusio. Resp. N. ant. Prima huius obiectionis pars vix responsione indiget. Etenim si lux sit accidens, intelligi certe non potest, cur ipsa aliquorum dumtaxat corporum substantiam pervadat, cur corpora aliqua sint pellucida, alia autem opaca. Quod quidem nos facile explicabimus, ubi de pelluciditate et opacitate sermo erit.

Quod spectat ad rectilineam luminis pro-

pagationem, ex lucis directione nequaquam pendet nostra conclusio. Haec obiectio in ipsos adversarios facile retorqueri posset. Demonstrant quidem experimenta, rectilineam *ad sensum* esse luminis propagationem in exiguis distantiis. Ita in cubiculum tenebrosum introducto solari radio, lineam lucidam recta protensam observamus. Verum accurate rectilineam luminis propagationem neque in distantiis maioribus, neque etiam in minoribus nos admittimus, quod deinde explicabimus, ubi de lucis transitu per diversa media tractabimus. Interim recordari satis erit experimentum iam alias memoratum. Si nempe solaris radius intra obscurum cubiculum exceptus prope corporum extrema, puta, per cultri acutissimam aciem transeat, illam per rectam progredi non observatur, sed ad corporis extremitatem inflecti atque incurvari, manifeste deprehenditur. Quod quidem experimentum nulla ratione explicare poterunt peripatetici, neque etiam fortasse cartesiani.

*Obiect.*3. Effluviorum hypothesis eam potissimum ob causam adhiberi videtur, ad explicandam nempe successivam luminis propagationem; nulla autem est huius hypotheseos hac in re utilitas. Et quidem consideremus globulos duos aequales et elasticos, quorum diameter communis dicatur d; unus autem alium quiescentem percutiat velocitate constanti v, dicaturque a spatium inter globuli

percutientis extremitatem anteriorem et globuli percussi extremitatem posteriorem comprehensum. Evidens est ex demonstratis in physica generali conflictuum legibus, globuli percutientis extremitatem anteriorem describere spatium a tempore $\frac{a}{v}$ (§. *11. art. 1. cap. 1 part. 1. sect. 1.*) ; quo nempe attinget globulum alterum. Deinde extremitas anterior globi percutientis, et extremitas posterior globi percussi ex puncto contactus movebuntur communi velocitate $\frac{v}{2}$, hoc est, globulus, qui antea movebatur velocitate v, amittet velocitatem $\frac{v}{2}$; quam globus alter adquiret. Iam dicatur x spatium, quod punctum contactus percurrit, interea dum globulus elasticus comprimitur et relaxatur, punctum contactus percurret spatium x velocitate $\frac{v}{2}$, tempore $\frac{2x}{v}$, ut patet. Tunc primus globulus quiescit, et extremitas anterior globuli percussi describit spatium quodlibet c, velocitate v, tempore $\frac{c}{v}$. Iam vero

spatium inter locum, quem ante ictum occupabat globi percutientis extremitas anterior, et inter locum, quem occupabat extremitas anterior globuli percussi, patet esse $=\frac{a+c+x+d}{v}$. Quare si duo tantum fingantur globuli, erit differentia temporis in hypothesi *emissionis* et *pressionis* $=\frac{d-x}{v}$. Si ponantur rres globuli, differentia fiet $\frac{2d-2x}{v}$, et ita deinceps. Positoque globulorum numero n valde magno, differentia erit quamproxime $=\frac{nd-nx}{v}$. Ac proinde si fiat $d=x$, nulla erit temporis differentia, hoc est, lucis propagatio eodem omnino tempore fiet in utraque hypothesi pressionis vel emissionis. Itaque inutilis omnino est hypothesis illa, si propagationis successivae phaenomenis aeque satisfaciat pressio cartesiana; atqui, ut ex dictis patet, phaenomenis successivae propagationis perinde satisfacit pressio cartesiana atque emissio newtoniana; ergo emissio effluviorum newtoniana inutilis prorsus est. Resp. N. min. Haec subtilissima et accuratissime demonstrata obiectio iis tantum adversatur

physicis, et quidem plurimis, qui ex successiva lucis propagatione corpusculorum emissionem ostendere conantur, quod quidem immerito faciunt, nisi hac ratiocinatione utantur: in praecedenti formula $\frac{dn-nx}{v}$, differentia temporis in uno dumtaxat casu fit nulla; dum nempe $d = x$, hoc est, si globuli unius diameter spatio percurso x aequalis sit; in alio autem quolibet casu aliqua habetur temporis differentia. Quare pressionis hypothesi unicus tantum casus patrocinatur, ceteri omnes infiniti adversantur. Haec quidem ratiocinatio valde probabilis est, non tamen vim demonstrationis obtinet. Atque ea de causa corpusculorum emissionem non ex successiva lucis propagatione ostendimus, sed contra ex radiorum emissione successivam luminis propagationem demonstravimus.

Obiect.1. adversus 2. partem. Validissimum successivae propagationis argumentum ab omnibus reputatur illa temporis differentia, quam in satellitis intimi iovialis eclipsibus observant astronomi pro varia satellitis a tellure distantia. At Iohannes Dominicus Cassinus hunc propagationis successivae effectum non observavit in aliorum satellitum eclipsibus: immo ne in ipso quidem satellite intimo constans deprehenditur effectus ille. Etenim si iupiter, dum est in minima vel maxima a

tellure distantia, sit simul in minima a sole distantia, minus remotus est a terra, quam si fuerit in maxima a sole distantia, et differentia distantiarum aequalis erit differentiae distantiarum iovis a sole, quae proxime aequalis est dimidiae distantiae solis a terra, ut notum est ex astronomia. Quare, ceteris paribus, in primo casu per tria saltem minuta citius lumen propagari deberet quam in secundo, ac proinde citius in primo quam in secundo casu conspicuae forent eclipses, quae tamen temporis differentia non observatur. Igitur ex observationibus astronomicis id tandem colligi potest: successivam lucis propagationem non demonstrat illa temporis differentia, quae nec constanter observatur, nec talis apparet, qualem postularent successivae propagationis phaenomena; ergo lucis propagatio non est successiva. Resp. dist. ant. non observatur ob praetermissas correctiones omnino necessarias, C. ant. adhibitis correctionibus necessariis, N. ant. et N. cons. In tabulis astronomicis, quas adhibuit Cassinus, et quibus deinde usi sunt alii plurimi, omissae fuerunt correctiones nonnullae, quas tamen necessario postulabant satellitum iovialium motus. Correctiones illas heic explicare non licet, quum sine doctrina astronomica intelligi non possint. Satis erit observare, pro varia satellitum positione varios omnino esse et nequaquam negligendos erro-

res ex mutua illorum attractione oriundos. Accuratiores satellitum iovialium tabulas ediderunt celeberrimi astronomi Halleius et Bradleius, qui omnem, quantum in re subtilissima fieri potest, adhibuerunt diligentiam per triginta et amplius annos. Satellitum motus exquisitis telescopiis persecutus est vir peritissimus D. Pound, cuius observationes cum doctrina astronomica accurate consentiunt. Itaque nullum iam superest diligentioribus astronomis dubium, quin eadem valeat in omnium satellitum eclipsibus temporis differentia, proportione servata. De satellitum erroribus et correctionibus adhibendis legantur claris. D. de Lisse litterae ad astronomos datae ann. 1750.

Obiect. 2. Si ea sit lucis celeritas, ut a sole ad nos perveniat tempore octo minutorum circiter; lux e stellis ad nos devenire non poterit nisi post longissimum tempus. Etenim licet ignota sit stellarum a tellure distantia; certum tamen est, eam immanem esse, et vix cum distantia solis comparandam. Hinc facile colligitur, stellas a nobis videri per lumen post plures annos emissum, immo post plura annorum millia. Itaque admittenda non est haec hypothesis, quae tot absurda et minime credibilia continet; atqui talis est hypothesis de successiva luminis propagatione; ergo admittenda non est. Resp. N. min. Minime absurda sunt haec, quae obii-

ciuntur, licet minus credibilia videri possint iis, qui sensuum praeiudiciis adsueti magnitudines omnes intervallaque omnia et tempora ex crassioribus sensuum observationibus et praeiudicatis opinionibus definiunt. Et quidem certum omnino est, lucis radios successive propagatos a remotioribus stellis ad nos pervenire non potuisse nisi post plura saecula. Si autem supremus rerum omnium conditor stellas statim post mundi creationem videri voluit, simul quoque creavit luminis vestigia a stellis ad nos usque protensa, alioquin inter stellas fixas esse possent aliquae, e quibus nondum ab initio mundi lux ad nos pervenisset. Ceterum si immensa haec lucis vestigia statim Deus non creaverit, fieri posset, ut aliquae remotissimae stellae post multa annorum millia videri inciperent, et pro stellis novis haberentur. Porro in his omnibus nihil est, quod vel tantisper repugnet.

Obiect. 3. Admissa successivae propagationis hypothesi, iam in corporum coelestium motibus duae correctiones adhibendae sunt, una scilicet ex luminis propagatione, altera autem ex ipso obiecti motu. Et quidem dum obiectum lucem emittere incipit, non statim hoc ipso instanti conspicitur, sed eo tardius observatur, quo maior fuerit inter obiectum et spectatorem distantia. Si obiectum et spectator quiescant, nullum in directione obiecti discrimen esse potest. At si interim mo-

veatur obiectum, locus apparens, qui ad primam radii directionem refertur, maxime differet a loco vero, si obiecti distantia sit valde magna. Ita ob maximam stellarum distantiam loca illarum apparentia a veris immaniter discreparent, neque vera illarum distantia ullo modo posset definiri. Haec autem gravissima difficultas evanescit, si instantanea sit lucis propagatio. Non solum enim obiecta eo ipso instanti, quo lucem emittunt, apparerent, sed etiam secundum ipsam radii directionem viderentur, neque spectatoris vel obiecti translatio discrimen ullum adferre posset. His praemissis sic tandem concluditur. Hypothesis illa omnino repugnat, quae universam turbaret astronomiam; talis est, quae in conclusione statuitur; ergo reiici debet hypothesis de successiva luminis propagatione. Resp. C. mai. N. min. Haec obiectio occasionem praebet explicandae correctionis astronomicae, quam lucis *aberrationem* appellant. Huius aberrationis duplicem casum considerabimus. Vel movetur obiectum lucidum, quiescente spectatore; vel contra movetur spectator, interim quiescente obiecto lucido.

Ponamus, ex obiecto lucido *O* emanare radium, qui obiecto quiescente ad oculum spectatoris pertingeret secundum directionem *OE*, celeritate *c*. Deinde fingamus, ipsum obiectum progredi secundum directionem *OV*, velocitate *s*, evidens est, completo paralle- 8.

Fig. logrammo *OVEA*, directionem radii incidere in diagonalem *OA*, atque obiectum spectatori apparere in *o*, quamvis re vera sit in *V*. Itaque locus verus a loco apparente discrepabit angulo *OAV*. Iam capiatur $OV : OE = s : c$, erit velocitas radii *OA* ad velocitatem secundum *OE*, ut *OA* ad *OE*. His praemissis iam facile invenitur angulus *OAV*. Sinus anguli *AOV* dicatur *m*. Ducta ex puncto *V* perpendiculari *Vp* ad diagonalem *OA*. erit *Vp* ad *OV*, ut sinus anguli *AOV* ad sinum totum seu $Vp : OV =$ sin. anguli $O : 1$. Hoc est $Vp : s = m : 1$. Vnde $Vp = ms$ ac proinde sumta unitate pro sinu toto, erit $Vp = ms$; sed in triangulo *VpA* sinus anguli *OAV* est ad sinum totum, ut *pV* ad *AV* vel *OE*, seu sinus anguli $A : 1 = Vp : AV$. Quare habebitur sinus anguli quaesiti $A =$

$$\frac{Vp}{AV} = \frac{ms}{OE}.$$

9. Iam quiescat obiectum in puncto *O*; spectator vero promoveatur in recta *AE* velocitate *r*: dum in *A* versatur, excipiet radium ex obiecto propagatum per directionem *OA*. Quia vero radius secundum directionem *OA* celeritate *c* impingit in oculum, qui moveri ponitur celeritate *r* secundum directionem *AE*; patet, radii motum dividi posse in duos, quorum unus *PA* sit normalis ad *AE*, alter *OP* congruat cum directione *AE*.

Quare si OA exprimat lucis celeritatem c, erit PA ut celeritas normalis ad AE, et OP erit celeritas secundum directionem EA, quae quum sit contraria celeritati oculi r, eumdem praestabit effectum, ac si augeretur velocitate r, et in oculum quiescentem incurreret. His praemissis, capiatur $OA : AE = c : r$, augeaturque celeritas radii OP parte $OQ = AE$, atque oculus in A quiescens radium excipiet, cuius motus erit compositus ex motu PA et motu QP; unde resultabit radius QA, in cuius directione obiectum a spectatore in A constituto cernetur. Igitur spectatori, qui, etiamsi moveatur in A, tamen quiescere sibi videbitur, obiectum apparebit sub angulo QAE, quod tamen appareret sub angulo OAE, si lux propagaretur in instanti. Quare angulus QAO est differentia inter locum verum et apparentem. Iam anguli apparentis QAE sinus dicatur m, sitque $OA = c$, $OQ = AE = r$; evidens est, anguli QAO sinum esse $= \frac{mr}{c}$ prorsus ut antea.

Hi sunt duo casus propositi, in quibus patet, eadem plane ratione inveniri angulum aberrationis. In primo casu data est ratio celeritatis lucis ad celeritatem obiecti, in altero autem datur ratio celeritatis lucis ad celeritatem spectatoris. Evidens autem est, ea

maiorem esse aberrationis angulum, quo maior est ratio velocitatis obiecti vel spectatoris ad velocitatem lucis. Duo praecedentes casus ad astronomiam transferri possent; sed res ad praesentem locum non pertinet. Breviter observare satis sit, per *obiectum* designari posse stellam aliquam, et per *spectatorem* posse intelligi terram ipsam, si motum terrae fingere liceat. Iam ob minimam rationem velocitatis terrae ad velocitatem lucis, patet, minimam omnino fore loci veri et apparentis variationem, quam tamen in hac etiam hypothesi non negligunt astronomi. At si loco diurni terrae motus, similis motus tribuatur sideribus, aberratio fit maxima. Itaque praecedens obiectio nostrae conclusioni minime repugnat, quum hanc fateamur lucis aberrationem, quae omnino negari non potest. Ceterum difficultates, quae adversus telluris quietem inde nasci possent, explicare non est huius loci. Hanc eamdem doctrinam commode revocabimus, ubi sermo erit de mundi systemate.

ARTICVLVS II.

De lucis propagatione generatim considerata.

Observ. 1. *Lucis propagatio considerari potest vel quatenus fit per medium aliquod*

non resistens, *vel quatenus lucis radius medium aliquod traiiciens*, *in medium aliud diversae densitatis incurrit. Si lucis propagatio primo modo spectetur*, *manifestum est*, *eam fieri a singulis corporis lucidi punctis in spatium undique circumfusum*, *tamquam radiis a centro sphaerae ad totam superficiem emissis. Quod sequenti observatione patet. Si lucerna minima in loco libero collocetur*, *in cunctis punctis superficiei sphaerae conspicua est*, *cuius centrum lucerna occupat. Si autem inter lucernam et oculum in recta linea interponatur opacus obex*, *lux amplius non videtur. Quam ob causam*, *lucem in rectis lineis delatam* radios *luminis philosophi omnes appellare consueverunt.*

Observ. II. *Radiolorum lucis vis minima est et fere nulla. Quod plurimis iisque obviis observationibus confirmari potest. Et quidem lux delicatissimum visionis organum pervadit*, *adficitque*, *nullo ei*, *ne levissimo quidem*, *illato damno. Praeterea reperitur in aqua putrida animalculum adeo exile*, *ut pollex quadratus integrum billionem eorum caperet. Huius animalculi longitudo plerumque centies quinquagies maior est eius crassitie*, *quae proinde nec millionesimam unius lineae partem exaequat. ¿Quanta vero erit subtilitas organi visus*, *quo alia animalcula insectari deglutireque observatur? Haec omnia plane demonstrant vim*

luminis organum visus etiam in animalculo pervadentis minimam esse et fere nullam. Quum autem ex observationibus astronomicis constet, lucis velocitatem admirandam prorsus esse, concludere licet ex praecedentibus observationibus, radiorum lucis subtilitatem admirandam etiam esse atque incredibilem. Sunt enim vires uti productum ex massa in velocitatem. Ex hac lucis subtilitate derivandum est, quod radii lucis ab uno puncto propagati nullatenus officiant aliis ab alio puncto procedentibus, adeo ut radii e diversis punctis procedentes sese invicem intercipiant, decussent atque in transversum agantur, immo eadem via in oppositum ferantur, quin tamen viribus mutuis a via sua deturbentur, neque ullam a mutua eorum actione celeritatis iacturam patiantur. Quod sequentibus observationibus manifestum est.

Observ. III. *Ex astronomia evidenter constat, lumen solare nocturno tempore diffundi per vasta illa spatia, in quibus planetae vagantur. Id tamen minime officit, quominus lumen fixarum per eadem spatia ad nos usque propagetur. Experimento item constat, quod si aliquis intra profundissimam telluris cavernam constituatur, vel longioris tubi ope coelum intueatur ita, ut radii solares ad ipsius oculum nequaquam pertingant, stellas directe ipsi imminentes etiam meridia-*

no tempore conspiciet, viam radiorum ab Fig.
stellis emissorum non impedientibus radiis solaribus. Quum igitur rarissimi sint radii a fixis procedentes, atque ab immensa fere distantia oriantur, nullo pacto ad nostros oculos pervenire possent, si a radiis solaribus interciperentur, aut aliquatenus resistentiam paterentur.

Prop. I. *SI LVX A CORPORE LVCIDO PROPAGATVR PER RADIOS DIVERGENTES, INTENSITAS LVCIS EST IN RATIONE INVERSA DVPLICATA DISTANTIARVM.*

Prob. *Etenim intensitas lucis est ut densitas radiorum in datum planum impingentium. Iam vero radii, qui in distantia* AC II.
diffundebantur per hemisphaerium descriptum a semicirculo TCG, *in distantia* AB *diffundentur per hemisphaerium descriptum a semicirculo* DBE. *Sunt autem densitates luminis reciproce, ut superficies hemisphaeriorum a semicirculis illis descriptorum. Superficies vero illorum hemisphaeriorum sunt in ratione duplicata radiorum seu distantiarum* AC *et* AB. *Adeoque intensitas luminis in* C *est ad intensitatem in* B *in ratione duplicata* AB *ad* AC. *Comprobatur etiam propositio experientia. Si ab ardente candela eo usque recedat aliquis, donec characteres libri adhuc discerni ac legi pos-*

sint : dein vero mensurato hoc intervallo ad duplam distantiam progrediatur ; quattuor candelis aequalis crassitudinis opus erit, ut iidem characteres discernantur ac legantur. Erit itaque in dupla distantia intensitas luminis quadruplo minor.

Quamvis radii a singulis corporis lucidi punctis emanantes continuo divergant; possunt tamen considerari convergentes, si spectentur tamquam e diversis corporis lucidi punctis prodeuntes, tuncque erit intensitas lucis in ratione inversa duplicata distantiae a puncto concursus radiorum, seu quod idem est, in ratione duplicata directa distantiae a corpore lucente. Quod patet in fig. 53. *Si radii emittantur ad distantiam valde magnam, radii paralleli progrediuntur ; tumque lucis intensitas non variatur.*

Haec autem ita debent intelligi, si lux in medio non resistente propagetur. Si enim aër particulaeque in eo circumvolitantes, aqua vel vitrum lucem aliquatenus intercipiant, intensitas luminis minor est, quam quae (ex hactenus demonstratis) observari deberet. Aliud vero accidit, si radii per refractionem condensentur, ut deinceps videbimus.

Ex explicatis radiorum lucis directionibus patet, quod si corpus opacum ex una tantum parte illuminetur, umbra proiici-

tur in partem oppositam iuxta lucis radios in lineis rectis propagatos, externamque corporis superficiem radentes. Si autem sphaera lucida maior illuminet minorem opacam, plus quam dimidia huius pars illuminabitur. Contrarium fiet, si minor illuminet maiorem opacam. Dimidia vero sphaera illuminabitur, si utraque et illuminans et illuminata fuerit aequalis. Quod quidem liquet fig. 53. Fig.

Si lucis radius medium aliquod traiiciens in medium aliud diversae densitatis vel naturae deinde transeat, directionem mutat; idque duplici modo fieri potest. Si nempe radius medium penetrare non possit, in illius superficie reflectitur; sin contra medium possit pervadere, refringitur. Porro dum dicimus, reflexionem fieri in corporis superficie, id debet intelligi dumtaxat de reflexione *quod ad sensum*. Hanc enim quaestionem, utrum reflexio in contactu fiat vel prope contactum, speciali conclusione deinde examinabimus.

Defin. 1. Sit *AC* radius ex aëre in vitri 10.
superficiem *PQ* incidens. Ex puncto *C*, in quo radius superficiei occurrit, erigatur perpendicularis *MD* ad ipsam superficiem. Punctum *C* dicitur *punctum incidentiae*, recta *MD cathetus incidentiae*, et angulus *ACM* vel ipsi aequalis *DCB angulus incidentiae* vocatur. Si radius incidens *AC* vitrum pe-

netrare non poſſit, mutata directione per *CI* reflectitur, efficiendo angulum *MCI*, qui *angulus reflexionis* appellatur. At si radius incidens *AC* vitrum penetrare poſſit, mutat quidem primam directionem *CB*; sed refractionem patitur versus *CT*, atque angulus *DCT*, qui efformatur a radio refracto *CT* cum axe refractionis *DC*, dicitur *angulus refractus*. Angulus *TCB*, qui efformatur a duobus radiis, incidente *BC* et refracto *TC*, vocatur *angulus refractionis*, *BE* sinus anguli incidentiae, et *TH* sinus anguli refracti.

Coroll. Ex praecedentibus definitionibus evidens est, angulum reflexionis vel refractionis iacere in eodem plano cum angulo incidentiae, illudque planum ad superficiem medii perpendiculariter insistere. Etenim huius anguli positio pendet ex catheto incidentiae, qui ad eamdem superficiem perpendicularis est. Accuratissimis experimentis compertum est, sinum anguli reflexionis vel refractionis esse semper ad sinum anguli incidentiae in data ratione. Nempe in reflexione ratio illa semper est *aequalitatis*, quantum experimentis in re subtilissima innotescere potest; in refractione autem *constans* quidem est in eodem medio sinuum ratio, at pro mediorum diversitate varia est. Ita si punctum lucidum transeat ex aëre in aquam pluvialem, sinus anguli refracti est ad sinum anguli incidentiae ut 3 ad 4 circiter. Si transeat ex aëre

in vitrum, ratio eorumdem sinuum est ut 2 ad 3, et vice versa in transitu ex aqua in aërem ratio est ut 4 ad 3; ex vitro in aërem ut 3 ad 2. Proinde iisdem experimentis etiam constat, radios lucis in transitu ex medio rariori in densius accedere ad perpendiculum; contra autem recedere a perpendiculo, si transeant ex medio densiori in rarius. Inde autem facile colligitur, radium perpendiculariter incidentem in ipsam medii superficiem vel reflecti in se ipsum, vel medium ipsum recta permeare sine ulla refractione. Et quidem in hoc casu sinus anguli incidentiae $=$ o, ac proinde et sinus anguli reflexionis vel anguli refracti $=$ o, ideoque radius coincidit cum catheto incidentiae.

Si radius lucis sub quocumque angulo in medium incidat, illudque non permeet, reflecti semper poterit. Verum si anguli incidentiae sinus *ita decrescat, ut ex natura medii sinus anguli refracti non possit eam tenere rationem, quae constans in duobus mediis observatur*; radius non semper poterit medium penetrare: hoc est, in angulis incidentiae certi sunt limites, ultra quos radius refringi non potest; nec proinde e medio in quo est, emergere, et in alterum transire; quod exemplo illustrabimus. Ponamus, punctum lucidum ex aëre in aquam incidere sub angulo fere 90°, angulus refractus foret 67° $\frac{1}{2}$: quum sinus totus vel sinus incidentiae sit ad

Fig. sinum anguli refracti ut 4 ad 3; ex qua ratione invenitur angulus refractus 67° ½ circiter. Quare si radius ex aqua transeat in aërem sub angulo incidentiae 67° ½, emergere debet ex aqua radendo illius superficiem, efficiens angulum refractum circiter 90°. At si radius angulum incidentiae efficeret maiorem 67° ½, tunc sinus anguli refracti foret maior sinu toto, quod est absurdum. Fieri ergo non potest in hoc casu ut radius emergat. Et re quidem ipsa experimento compertum est, hunc radium reflecti e superficie communi aëris et aquae, atque in aqua remanere.

Prop. II. *SI LVCIS REFLEXIO FIAT IN SPECVLO QVOCVMQVE, ANGVLVS INCIDENTIAE AEQVALIS EST ANGVLO REFLEXIONIS.*

Dem. *Haec propositio, quae* lex reflexionis *dici potest, adsumi debet instar axiomatis observationibus potius quam rationibus demonstrandi. Si radius solaris in locum obscurum intromittatur, atque speculo plano politissimo excipiatur; ipsum resilire ita observabitur, ut angulus reflexionis aequalis sit angulo incidentiae. Si super speculum*
12. DE *collocetur semicirculus* FiG *ita, ut centrum sit in* B, *et superficies ad speculum perpendicularis, sumtisque arcubus aequalibus* Fa *et* Gc, *in* A *collocetur obiectum*

in C *vero oculus, obiectum per radium reflexum a puncto* B *videbitur. Quod si punctum* B *tegatur, non amplius videri poterit obiectum. Hinc illud etiam patet, quod radius* BC *eadem vi a puncto reflectente* B *recedit, qua inciderat. Motus enim* AB *radii incidentis resolvatur in* AF, AH. *Iam quum motus* AH *parallelus ad speculum integer maneat, erit* HC = AH, *radius vero incidens impingit in* B *motu* HB, *qui si non permansisset idem in reditu, non foret* BH = HB, *adeoque neque angulus* CBG = ABF. *Sed aequalitas horum angulorum observatur; ergo eadem manere debet vis radii redeuntis atque incidentis.*

Ex aequalitate angulorum incidentiae et reflexionis tota pendet speculorum doctrina. *Radii lucis per reflexionem fiunt plerumque divergentes vel convergentes. Punctum vel locus, in quo radii convergentes concurrunt, vocatur* focus. *Punctum vel locus, in quo radii concurrisssent, si in eodem medio pergere potuissent, aut punctum, e quo radii divergentes recta producti venissent, vocatur* focus imaginarius.

Fig.

Prop. III. *RADII AB EODEM PVNCTO* G *PROCEDENTES NON POSSVNT REFLECTI A*
13. *DIVERSIS SPECVLI PLANI* AB *PVNCTIS IN IDEM PVNCTVM* D.

Demonst. *Etenim ponamus, in idem punctum* D *concurrere. Quum sit* o = y, *et* o > x (ex elem. geom.), *erit* y > x. *Deinde quum sit* x = u, *et* u > y, *erit* x *minor simulque maior quam* y. *Quod quum sit absurdum, patet, a speculo plano* AB *in idem punctum* D *radios ab eodem puncto* G *emanantes non posse reflecti. Igitur radii per reflexionem a speculo plano factam minime densiores fiunt, adeoque nec calorem solis intendunt in* B.

14. Prop. IV. *SI RADIVS* KI *IN SPECVLVM SPHAERICVM CAVVM* EI *INCIDERIT AXI* AB *PARALLELVS ITA, VT ARCVS* BI *INTER AXEM ET PVNCTVM INCIDENTIAE* I *INTERCEPTVS FVERIT* 60°, *RADIVS REFLEXVS* IB *CVM AXE IN IPSO SPECVLO CONCVRRIT IN* B.

Demonst. *Ducatur a centro* C *ad punctum incidentiae* I *radius* CI. *Quoniam* BI= 60°, *erit angulus* i = 60°, *et quia* KI *est axi* AB *parallela, erit etiam angulus incidentiae* m = 60°, *atque etiam angulus*

reflexionis n = 60°. *Adeoque in triangulo* Fig. CBI *anguli* i *et* n *sunt aequales*, *quod proinde erit isosceles* (ex elem. geom.) *et latus* CB = BI. *Igitur punctum* B, *in quo radius reflexus cum axe concurrit*, *est in ipsa speculi superficie. Aliter enim linea* BI *esset maior vel minor radio* CB.

Prop. v. *SI RADIVS* HE *IN SPECVLVM CONCAVVM SPHAERICVM* EI *INCIDERIT AXI* AB *PARALLELVS*, *ARCVSQVE* EB *INTER RADIVM INCIDENTEM ET AXEM INTERCEPTVS FVERIT* 60° *MINOR*, *RADIVS REFLEXVS* EF *CVM AXE* AB *CONCVRRIT AD DISTANTIAM* BF *QVARTA DIAMETRI PARTE MINOREM.* 14.

Demonst. *Quoniam angulus* o = x ; *et ob parallelas* HE, AB *angulus* o = y, *erit etiam* x = y, *adeoque triangulum* ECF *est isosceles*, *et latus* EF = CF. *Iam vero* EF + FC > CB ; *igitur* CF > $\frac{1}{2}$ CB. *Ac proinde punctum* F *distat a* B *minus quam dimidio radio* CB, *seu minus quam quarta diametri parte*.

Coroll. Ex his principiis pendent omnia speculorum sphaericorum phaenomena. Si radius incidens *HE* sit axi *AB* parallelus, hoc est, si obiectum ad distantiam infinitam sit constitutum ; iam angulus *HEC* aequalis foret angulo *CEF*, et triangulum *CEF* esset

isosceles ; quum duo illius anguli communem habeant mensuram nempe arcum EB. Id vero ad solares radios transferri potest, sunt enim quamproxime paralleli. Generatim autem quum radii lucis emanantes ex puncto H in speculis concavis prope punctum F colligantur ; patet, cur specula illa sint *caustica* seu vim comburendi habeant, si tanta sit radiorum copia, ut aliquam caloris sensationem in nobis excitare valeant radii illi etiam directe emissi. Hinc factum est, ut punctum illud vel spatium, in quo radii colliguntur, *focus* appellari soleat. Ceterum evidens est, radiorum illorum vim pendere ex illorum densitate atque etiam qualitate.

Schol 1. Radii solares in speculum incidentes tamquam physice paralleli haberi solent. Id tamen verum non est accurate. Oporteret enim, solem omni diametro sensibili carere, tuncque propter immensam eius distantiam radii sub angulo fere nullo in speculi superficiem inciderent, ac proinde haberi possent tamquam paralleli. At diameter apparens solis est circiter dimidii gradus. Quare radii ex disci solaris extremitatibus emanantes cadunt in superficiem speculi sub angulo gradus dimidii, ac proinde post reflexionem in eodem puncto non concurrunt, sed tota eiusdem anguli magnitudine ab eodem puncto aberrant. Atque huic causae etiam aliqua ex parte tribuendum est, quod

radiorum focus puncto non terminetur, sed aliquod spatium occupet.

Schol. II. Alias speculorum proprietates ex praecedentibus demonstrationibus facile colligendas praetermittimus. Sed silentio praeterire non licet praeclarissima experimenta, quae de radiis solaribus per specula plana collectis habuit vir clariss. D. de Bufon. Speculum adhibuit ex 168 speculis planis compositum. Illa autem specula tali artificio erant inter se connexa, ut facili manu in omnes partes converti possent. Rebus ita comparatis, solares radios speculis planis excipiebat, atque ita deinde dirigebat, ut singulorum radiorum directiones in eodem spatio coinciderent. Tantam vim atque efficaciam adquisiverunt collecti hoc modo radii, ut ad distantiam ducentorum pedum ex ligno flammam excitare potuerint. Haec autem experimenta aliquam fidem et auctoritatem conciliare possent speculo, quo Archimedes romanorum classes Syracusas obsidentium in flammas redegisse fertur. De hoc speculo iam ab antiquissimis scriptoribus tradito satis accurate mentionem fecerunt Zonaras et Tzetzes scriptores graeci, qui saeculo duodecimo floruere. Illud vero speculum ita memorat Tzetzes, ut descripto speculo simillimum omnino sit. Sed quidquid sit de speculo Archimedis; certum omnino videtur, specula sphaerica tantam vim concipere non posse,

ut ad magnam distantiam comburere valeant. Re quidem vera si mediocris sit foci a speculo distantia, in spatium ita angustum rediguntur radii, ut comburendi vim retineant. At si maxime augeatur foci distantia, magis ac magis disperguntur radii, et debiliores fiunt. Praeterea quum sphaericitatis radius proposita distantia plusquam duplo maior esse debeat (*ex dem. prop. v.*); speculum, quod ad tantam distantiam vim comburendi retineret, ingentis sphaerae segmentum esse oporteret. Porro humanam industriam superare videtur accurata, quae necessaria omnino est, ingentium sphaerarum conformatio. Vim comburendi habere specula elliptica et parabolica, patet ex iis, quae de sonorum propagatione demonstravimus. Verum si specula illa sint valde magna, illorum structura eadem laborat difficultate aliisque incommodis plurimis. Et re quidem vera clariss. Dufay haec specula in distantiis etiam non valde magnis adhibuit et successu caruere. Quae quum ita sint, si archimedeo speculo credendum sit, scriptorum fide et physicae ratiocinationis auctoritate constat, speculum illud fuisse vitrum polygonum, eo, quem diximus, modo comparatum. Neque tamen sperandum est, ad distantiam quamlibet aucto speculorum numero vim comburendi propagari posse. Huic enim efficaciae sui sunt et quidem satis angusti limites. Est enim radiorum intensitas, cete-

ris paribus, in ratione reciproca duplicata distantiarum, ut demonstravimus in physica generali de virtute qualibet per radios ex puncto aliquo uniformiter diffusa. Praeterea huic intensitatis decremento iungi etiam debent variae reflexiones atque impedimenta plurima, quibus per longiorem atmosphaerae tractum obnoxii sunt radii. Sed quidquid sit de horum speculorum limitibus, certissimum est, ea esse posse utilitatis maximae praesertim in arte chemica.

ARTICVLVS III.

De lucis refractione.

De luminis reflexione et refractione nonnulla iam demonstravimus. Verum de physica reflexionis et refractionis causa disputant Cartesii Newtonique discipuli. Reflexionem luminis ita explicant cartesiani. Si lux incidat in corpus, cuius texturam permeare non possit, iam radii lucis regredi coguntur, non secus ac videmus, pilam parieti impactam retrorsum redire. Corpora, quae lucem reflectunt, *opaca* dicuntur, eaque ita contexta esse oportet, ut radiis lucis transitum per lineas rectas negent. At si corporum particulae ita sint commixtae, ut per istarum interstitia radii lucis per lineas rectas magna copia transmitti possint, corpora illa dicun-

tur *pellucida*. Refractionem hoc modo exponunt. Corpus omne, seclusis impedimentis, recta moveri pergeret in infinitum, ideoque radius omnis oblique cadens in superficiem corporis pellucidi recta pergeret, nisi quid obstaret. Itaque quo difficilius penetratur corpus, in quod radius incidit, eo magis a linea perpendiculari recedet radius, et contra. Haec quidem breviter pronuntiabant veteres cartesiani, sed quid addiderint doctissimi cartesianae hypotheseos reformatores, deinde explicabimus. Verum ab antiquis recentioribusque cartesianis differunt newtoniani. Reflexionem lucis non fieri in ipsa corporum superficie existimant, sed in minima a superficie distantia. Refractionem vero non tribuunt medii resistentiae, sed vi attractivae, quod qua ratione explicent, in sequenti conclusione exponemus.

CONCLVSIO.

REFLEXIONEM LVCIS IN MINIMIS A CONTACTV DISTANTIIS FIERI, REFRACTIONEM VERO VI ATTRACTIVAE MEDII TRIBVENDAM ESSE, VIX IN DVBIVM REVOCARI POTEST.

Prob. 1. pars. Si lux e vitro in aërem transmittatur, eadem vi reflectitur, ac si transeat ex aëre in vitrum, immo validius reflectitur, quam si transeat ex aëre in aquam.

Credibile non est, plures esse in aëre partes reflectentes, quam in aqua aut in vitro. Verum rem cartesianis concedamus, quamvis omni careat verisimilitudine. ¿At qua ratione explicare poterunt validissimam reflexionem, quam lux patitur, si ex vitro transeat in vacuum boylianum? Si lux transiens ex vitro in aërem incidat sub inclinatione maiori quam 40° vel 41°, tota reflectitur; si inclinatio minor sit, magna ex parte transmittitur. Quis autem facile crediderit, radiis lucis sub certo inclinationis angulo plures in aëre poros occurrere, qui luci transitum praebeant; sub alia autem inclinatione nullos hiare poros, qui transitum luci permittant. Id quidem intelligi vix potest, praesertim si observemus, lucem ex aëre in vitrum sub quocumque inclinationis angulo transeuntem magna ex parte transmitti, ipsique proinde per poros transitum patere. Tandem si lucis radii a solidis corporum partibus reflectantur, certis legibus fieri nequaquam potest illorum e superficiebus etiam eximie laevigatis reflexio. Etenim quantumvis perpolita atque tersa sit corporum superficies, plurimis tamen eminet asperitatibus, quae, si cum subtilissimis solaribus radiis conferantur, ingentium montium instar haberi debent. Itaque si radii lucis a solidis corporum partibus repellantur, incerta omnino lege reflecti atque dispergi debent ob variam superficierum asperitatem, quod contra-

rium est experimentis. At singula reflexionis phaenomena intelliguntur, si reflexionem in minimis a contactu distantiis fieri cum newtonianis statuamus. Et re quidem ipsa corporum particulas in lucis radios ad minimam distantiam agere, experimento primus omnium demonstravit Grimaldus, et accuratius deinde confirmavit Newtonus. Lumen per angustissimum foramen in tenebrosum cubiculum intromittatur, et lucis radio obiiciatur tenuissimum corpus, quod ipsam radii latitudinem non excedat, v.g. *pilum, filum vel acus*. Vmbra corporis radio immersi amplior proiicietur et latior, quam utique esse deberet, si radii lucis corporis obiecti extremitates tangentes linea recta transirent. Vmbra haec ternis inter se parallelis colorati luminis ordinibus seu fasciolis fimbriata apparet, quae fimbriae in latitudinem sese laxate conspiciuntur ampliori facto foramine, et ita inter se miscentur, ut discerni amplius non possint. Newtonus lamellam plumbeam acicula pertusam adhibuit, et foraminis diameter erat $\frac{1}{42}$ pollicis. Vmbrae dilatatio accuratius discerni potest in maiori quam in minori a corpore distantia. Notum quippe est, umbram in maiori magis quam in minori distantia dilatari; in magnis autem longe facilius quam in parvis differentiae observantur. At ita um-

brae dilatatio deprehendi minime posset, si radii prope corporum superficies nullam ferrent repulsionem; sed in rectis lineis propagari pergerent. Itaque manifestum est, repulsionem aliquam pati radios a solidi atque opaci corporis superficie, iuxta quam incedunt. Hanc luminis proprietatem, qua fit, ut radii lucis corpus opacum radentes recta non pergant, sed a corporis superficie repellantur, *diffractionem lucis* appellant physici. Verum hanc proprietatem a reflexione et refractione, non differre, in huius conclusionis progressu probabilissime ostendemus. Interim concludere licet: reflexio lucis non fit in solidis corporum particulis, si eam prope contactum aliquando fieri demonstrent accuratissima experimenta, eamque eodem modo semper contingere ostendant validissimae rationes, atqui ex modo adductis experimentis atque rationibus manifestum est, reflexionem interdum fieri prope contactum; ergo reflexio lucis non in contactu, sed in minimis ab eo distantiis fit. Fig.

Prob. 2. pars; quae quidem nulla alia validiori ratione evinci potest, quam si refractionis phaenomena secundum newtonianam doctrinam explicemus, eamdemque explicationem cum hypothesi cartesiana comparemus. Spatium $ABDC$ duobus planis parallelis AB, 15. CD terminatum repraesentet medium densius, quod sit medio rariori X tum supra tum in-

ſra comprehenſum. *Rectae* ab , cd *repraeſentent limites attractionis medii denſioris , ad quos ſphaera attractionis pertingat.* Globulus lucis *g* in minima a medio *AB* diſtantia verſus ſuperficiem *AB* attrahetur. Iam ponamus, radium lucis *fg* perpendiculariter in ſuperficiem *AB* incidere, evidens eſt, radii directionem in medio *ABCD* perpendicularem manere. Etenim attractiones laterales utpote aequales et contrariae ſeſe mutuo elidunt. Quare ſola ſupereſt attractio perpendicularis, quae cum perpendiculari motus directione conſpirat. Illae igitur vires duae id ſolum praeſtare debent, ut nempe radius perpendiculariter moveri pergat; et motu accelerato tranſeat in *AB* ob medii denſioris attractionem. Deinde autem in medio uniformi *ABCD* ob aequalem undequaque attractionem motu adquiſito aequabiliter progredietur. Verum ubi radius emerget ex *CD* , vi attractiva medii *ABCD* retrahetur. Quare evidens eſt, radium lucis in medio inferiori eodem modo retardari, quo accelerabatur in medio ſuperiori, ac proinde in medio inferiori *X* eadem movebitur velocitate, qua progrediebatur in medio ſuperiori, antequam perveniret ad *AB*. Heic autem mediorum reſiſtentiam non conſideramus. Sermo enim eſt de globulis, qui per media interſtitia libere tranſeunt; alii ſiquidem globuli intra medium reflectuntur vel abſorventur.

Simplicissimum directionis perpendicularis casum demonstravimus. Iam directionem obliquam expendamus. Sit directio obliqua *HG*, agatque vis attractiva medii in distantia *GP*. Considerari debent vires duae, una secundum directionem *HG* perpetuo eadem, altera vero secundum perpendicularem *GP* perpetuo variabilis. Ex hac virium compositione fit, ut globulus minimum describat curvae arcum *GI*, versus *IB* concavum ob motum acceleratum, non secus ac gravia oblique deorsum proiecta describunt parabolam, quae concavitatem telluri obvertit. At ubi globulus pervenit in *I*, recta traiiciet medium *Y*, secundum tangentem curvae antea descriptae, motuque uniformi pertinget ad *K*. Sed emergens ex *CD*, retrahetur vi attractiva ad medium *Y*. Quare rursus considerari debent vires duae, una secundum directionem tangentis perpetuo eadem, altera autem perpendicularis globuli motum retardans iisdem gradibus, quibus antea versus *AB* fuerat acceleratus, ac proinde globulus curvam *KL* priori similem et aequalem describet, sed situ contrario positam ob motus retardationem, non secus ac gravia sursum oblique proiecta describunt parabolam, quae convexitatem telluri convertit. Tandem ubi globulus extra limites attractionis pervenit, secundum directionem tangentis moveri pergit, ut antea.

Ex hac explicatione facile intelligitur ne-

tissima attractionis lex, qua fit, ut radii lucis ex medio rariori transeuntes in densius, accedant ad perpendicularem; contra autem recedant a perpendiculari, si transeant e medio densiori in rarius. Id quidém evidens est ex curvarum *GI* et *KL* contraria positione. At in hypothesi cartesiana intelligi non potest lex ista. Etenim si medii resistentiae tribuenda sit luminis refractio, radius lucis transiens ex medio rariori in densius refringi debet recedendo a perpendiculari. Quod enim curva *GI* versus *IB* concavitatem obvertat, id fit ob velocitatis incrementum secundum directionem perpendicularem *GP*. At in hypothesi cartesiana velocitas perpendicularis semper decrescit. Etenim etiamsi fingamus, minorem esse resistentiam in medio densiori quam in rariori, v. g. in aqua aut vitro, quam in aëre; quod absurdum videtur; si tamen radius transeat ex medio, quod magis resistit, in aliud, quod resistit minus, aliquam licet minorem patietur motus retardationem; ac proinde non intelligitur, qua ratione radius ad perpendicularem accedat.

Praeterea si refractionis causa sit medii resistentia, radius magno refractionum numero vexatus, non solum velocitatis suae partem aliquam amittet, sed et totam poterit amittere, non secus ac corpori solido medium fluidum traiicienti contingit. Id vero experimentis contrarium omnino est. Re quidem

ipsa debilior exit radius diversa permeans media, sed illam lucis iacturam inde oriri putandum est, quod partes aliquae intercipiantur, aut intra medium reflectantur. Ceterum aliae omnes particulae, quae e medio emergunt, totam primitivam retinent velocitatem. Et quidem accuratissimis experimentis compertum est, lucis radium per diversa media utcumque refractum eamdem subire refractionis legem ita, ut constans semper maneat ratio sinuum incidentiae et refractionis. At si refractionis causa sit medii resistentia, iam mutata radii velocitate incertis omnino legibus, ipsam quoque curvarum *GI*, *KL* naturam et positionem mutari necessum est, ac proinde sine ulla constanti lege variabilis foret radii incidentis et refracti positio. Fig.

Ex iis, quae hactenus explicavimus, admiranda facilitate intelligitur, qua de causa refractio in reflexionem mutari numquam possit, si radius ex medio rariori in densius transeat, contra autem si transitus fiat ex medio densiori in rarius sub certa inclinatione, refractio abeat in reflexionem. Primus casus statim patet. Etenim quaecumque sit radii inclinatio, vis attractiva medii densioris efficere debet, ut radius ad ipsius medii superficiem citius perveniat, et sub minori inclinatione medium penetret, ut patet, quum radius refractus accedat ad perpendicularem. Iam ponamus, radium *IK* ex medio densio- 16.

ri in rarius incidere sub inclinatione satis magna, evidens est, radium vi attractiva medii densioris retrahi versus *CD*. At talis esse potest radii in *K* inclinatio, ut composita cum vi attractiva versus *CD*; abeat in directionem *lm*, plano *CD* parallelam, antequam radius extra medii densioris attractionem excurrat. Quare radius regreditur per curvam *mnO*, priori *lKi* similem et aequalem, eritque inclinatio *OnC* inclinationi priori *iKD* aequalis, ideoque in hoc casu accurata fit reflexio. Nec minori felicitate explicantur difficillima alia lucis phaenomena; quae aliam quamlibet hypothesim videntur respuere. Sed de his deinde, ubi occurret locus, sermonem habebimus. Interim concludemus: vix in dubium vocari potest illa refractionis causa, quae naturae legibus consentanea est, lucisque phaenomenis accurate satisfacit; atqui talis est vis attractiva medii; ergo ea haberi debet, tamquam genuina refractionis causa.

SOLVVNTVR OBIECTIONES.

Obiect. 1. adversus utramque partem. Lex analogiae praescribit, similium effectuum easdem adferendas esse causas; ut corporum solidorum lucisque reflexio sunt effectus omnino similes; ergo lucis reflexio ex immediato superficiei reflectentis contactu pendere videtur. Resp. dist. mai., si effectus ita similes

sint, ut omnia sint paria accurate, C. mai., secus, N. mai. et cons. Itaque inter magna corpora et subtilissima lucis corpuscula instituí non potest accurata comparatio. Quod quidem ex demonstratis de vi attractiva manifestum omnino est, quum longe alia esse debeat magnorum corporum minimarumque particularum attractio mutua. Praeterea similes non esse effectus illos, demonstrant plurima lucis phaenomena. Sed satis sit demonstratum refractionis lucis exemplum, quae aliquando mutatur in reflexionem; id vero corporibus solidis non contingit. Diversam utriusque reflexionis causam postulant experimenta. Et quidem si corpus ab aliquo plano reflectatur, angulus reflexionis angulo incidentiae aequalis esse non potest, nisi corpus incidens sit accurate sphaericum et perfecta elasticitate donatum, et praeterea planum reflectens perfecte laevigatum esse oportet; quae quidem omnia ex demonstratis in physica generali reflexionum legibus facile colliguntur. Attamen radii lucis ita reflecti observantur in speculis, ut angulorum reflexionis et incidentiae aequalitas tamquam accuratissimum experientiae principium habeatur. At speculorum superficies quamvis laevigatissima videatur, debet tamen esse admodum scabra et irregularis. Et quidem ad perpolienda vitra adhiberi solent pulvisculi, quorum profecto particulae radiis luminis longe crassiores inducere debent

sulcos monticulosque plurimos, a quibus lumen omne quaquaversum admodum irregulariter, ut a scabro pariete, reflecteretur. Tandem si analogiae legem heic quoque velint nonnulli physici, aliquo modo in utraque reflexionum specie valere potest, ut patebit ex sequenti obiectione.

Obiect. 2. Omni carent verisimilitudine oppositae illae leges, quibus fit, ut radii lucis in certis casibus refringantur, in aliis autem repellantur. ¿Ecquis sibi facile persuadebit, mediorum superficies ita variabili lege *in distans* agere, ut radios lucis modo admittant, ut fit in refractione, modo autem repellant, ut fit in reflexione? Id saltem postularet analogia naturae, ut ad certos usque limites vigeret attractio, quae deinde mutaretur in repulsionem; hanc scilicet attractionis et repulsionis varietatem operante fluido aliquo, pro diversa corporum reflectentium et refringentium natura. His positis sic argumentantur aliqui. Commenticiis viribus, quae agunt *in distans*, et modo attrahunt, modo repellunt, anteponenda est hypothesis, quae universalibus naturae legibus magis est consentanea; atqui universalibus naturae legibus magis consentanea est hypothesis statuens atmosphaeram materiae subtilis circa superficiem corporis reflectentis vel refringentis; ergo huiusmodi cartesianorum hypothesis tamquam simplicior admitti debet. Resp. C. mai. et *permitto* mi-

norem. Nostram conclusionem directe non petit haec obiectio. Tamquam probabilissimum quidem et fere demonstratum habemus, reflexionem lucis fieri in minimis a corpore reflectente distantiis; non tamen omnino negamus elasticas, licet sensibus minime conspicuas, atmosphaeras circa ipsam corporum superficiem dispersas. Hanc hypothesim ingeniosissime quidem excogitarunt recentiores cartesiani syssematis reformatores. Rem ita explicant. Fingamus, dispersam esse circa vitrî superficiem subtilissimam atmosphaeram, quae radio lucis occurrat; haec autem atmosphaera licet subtilissima, crassior tamen erit, sî conferatur cum luminis tenuitate. Ponamus deinde, atmosphaeram illam non esse medium uniforme, sed diversam habere densitatem. Radius oblique in atmosphaeram incurrens curvam minimam describet non secus ac in attractionis hypothesi. Nam vis huius fluidi radium ad ipsam corporum superficiem impellentis gerit vices attractionis, non secus ac vis centrifuga materiae subtilis gravia deorsum trudit. Quare res perinde se habet, sive attractionem sive atmosphaeram impellentem admittamus. Eadem plane ratione intelligitur, reflexionem fieri posse in ipsis atmosphaerae particulis; ac proinde ficticium esse attractionis principium, aut saltem minime necessarium, aiunt cartesiani. Fatendum quidem est, ignotum illud fluidum, cu-

ius leges pro arbitrio fingi atque refingi possunt, nulla fortasse severa et geometrica demonstratione refelli posse. Observavimus tamen, radii oblique incidentis velocitatem in velocitates duas resolvendam esse, unam scilicet perpendicularem et perpetuo variabilem, alteram vero constantem secundum directionem parallelam. At si radius vi atmosphaerae refringatur, huius atmosphaerae fluidum resisteret quoque secundum directionem parallelam. Sed quidquid sit, attractionem et repulsionem velut phaenomena consideramus. Doctissimos quidem variarum hypotheseon auctores impense veneramur, sed propositus harum institutionum scopus difficiles causas investigare non patitur. Satis erit observare, reflexionis et refractionis phaenomena tribuenda esse eidem potentiae, quae pro diversis circumstantiis diversimode agit, quaecumque sit potentia illa. Etenim si radii lucis ex vitro in aërem exeant sub tali inclinatione, ut refringantur, aucta autem inclinatione reflectantur; eadem omnino vi refractionem et reflexionem produci demonstravimus. Cum praesenti conclusione coniuncta sunt alia phaenomena plurima, quae in sequentibus articulis opportunius explicabuntur.

DE DIOPTRICA.

Postquam reflexionis et refractionis cau-

sam physicam investigavimus, singulares ca- Fig.
sus explorare debemus, qui obtinent, dum radii refringuntur in lentibus vitreis. Vocantur autem lentes *segmenta sphaerica*, *qualia repraesentantur* figg. 19. 21. 22. 23.

Prop. I. *SI RADII PARALLELI* AB, CD *IN SVPERFICIEM PLANAM* BD *MEDII* 17.
DIVERSAE DENSITATIS INCIDERINT, POST REFRACTIONEM PERGENT INCEDERE PARALLELI.

Demonst. *Si medium sit densius*, *ferentur radii incidentes* AB, CD *per vias* BE, DF; *si autem medium sit rarius*, *progredientur per* BG, DH. *Vtrobique enim radii incidentes* AB, CD *aequalem refractionem patiuntur, adeoque angulus* ZDF=ZBE, *vel angulus* RBG=RDH. *Ergo in utroque casu radii refracti* BE, DF, *et* BG, DH *sunt paralleli* (ex elem. geom.). *Quapropter si vitrum utrimque planum soli directe opponatur*, *lux vitrum pervadens eadem via propagatur*, *atque si illud abſuisset. Si autem vitrum oblique soli obvertatur*, *luminis refracti eadem manebit intensitas.*

Prop. II. *SI RADIVS* DE *AXI* FA *PARAL-* 18.
LELVS IN MEDIVM SPHAERICVM DENSIVSQVE INCIDERIT; POST SIMPLICEM

Fig. *REFRACTIONEM CVM EODEM AXE VLTRA CENTRVM* C *CONCVRRIT IN* F.

Demonſt. *Ex centro* C *ducatur ad punctum incidentiae* E *ſemidiameter* CE, *quae quum ſit ad ſuperficiem* KBL *perpendicularis, erit axis refractionis. Igitur radius incidens* DE *refringetur ad eum accedendo ita, ut tandem cum ipſo axe ſphaerae* AF *concurrat. Hic autem concurſus fieri debet ultra centrum* C *in puncto* F, *quia angulus refractionis* FEH *minor eſſe debet angulo incidentiae* DEG, *ſeu* CEH.

19. Coroll. *Si radius* KI *axi* EG *parallelus in lentem plano-convexam* AHBD *inciderit; poſt duplicem refractionem cum ipſo axe concurret. Etenim vi primae refractionis in* I *ex aëre in vitrum, radius incidens declinabit verſus* IG; *vi autem ſecundae refractionis in* L *ex vitro in aërem radii incidentes paralleli manebunt, quum ſit refractio in ſuperficiem planam* AB (prop. I.). *Adeoque radii incidentes cum eodem axe concurrent in puncto* F.

20. Prop. III. *SI RADIVS* HE *AXI PARALLELVS INCIDERIT IN SVPERFICIEM SPHAERICAM CAVAM* KBL *MEDII RARIORIS; RADIVS REFRACTVS* EF *CVM IPSO AXE* FA *CONCVRRET IN PVNCTO* F.

Demonst. *Ducatur etiam semidiameter* Fig.
CE *ad punctum incidentiae* E , *et erit illa axis refractionis. Quum refractio sit in nostro casu a perpendiculari recedendo , radius incidens* HE *a via sua deflectet recedendo a perpendiculari* CG , *viamque* EF *tenebit , qua cum axe* AF *tandem concurrent in puncto* F.

Corol. I. *Si radius* HI *axi* DG *paral-* 21.
lelus incidat in lentem utrimque convexam; post duplicem refractionem eidem axi occurret in puncto F. *Nam ex duabus refractionibus prima , quae fit in puncto* I , *est a medio rariori in segmentum sphaericum* AEB *medii densioris , adeoque declinabit radius versus* IL (prop. II.). *In altera refractione , quae fit in puncto* L , *fit transitus radii* IL *a medio densiori in superficiem cavam medii rarioris , quod est aër superficiem* AKB *circumambiens ; proinde radius* IL *deflectet versus* F (prop. III.).

Corol. II. *Quum ope lentium plano convexarum , convexo-convexarum , vel sphaerae pellucidae radii solares paralleli incidentes in axe earum colligantur ; mirum esse non debet , quod illorum calor plurimum intendatur , atque quod ope harum lentium , quae* causticae *appellantur , corpora plurima liquefiant , perinde atque si copiosiori igni fuissent exposita. Nec refert, quod huiusmodi lentes causticae ex glacie*

Fig. *parentur, vel ex bulla vitrea aqua repleta, quum vis caustica non a materia, sed a lentium convexitate pendeat.*

18. Prop. IV. *SI RADIVS* HE *AXI PARALLELVS INCIDAT IN SVPERFICIEM SPHAERICAM CONCAVAM MEDII DENSIORIS; RADIVS REFRACTVS* EN *DISPERGETVR AB AXE* AF, *ITA TAMEN VT FOCVS IMAGINARIVS* F *EXSISTAT VLTRA CENTRVM* C.

Demonst. *Quum semidiameter* CE *sit superficiei* KBL *perpendicularis, erit ea axis refractionis. Quare radius refractus* EN *ad eum accedet versus* G, *quod fieri nequit, quin ab axe* AF *recedat. Porro angulus refractus* NEG *minor esse debet angulo incidentiae* CEH *seu* DEG, *adeoque punctum* F *seu focus imaginarius ultra centrum* C *cadere debet.*

20. Prop. V. *SI RADIVS* DE *AXI* FA *PARALLELVS EX MEDIO DENSIORI INCIDAT IN SVPERFICIEM CONVEXAM MEDII RARIORIS* BEL; *RADIVS REFRACTVS* EN *AB AXE DIVERGIT, ITA TAMEN VT PVNCTVM* F *SEV FOCVS IMAGINARIVS SIT EXTRA SVPERFICIEM* KBL.

Demonst. *Sit* CG *axis refractionis. Quum refractio sit a perpendiculo, radius inci-*

dens DE *a semidiametro* CE *deflectet, recedendo versus* EN. *Quare recedet etiam ab axe* FA. *Iam vero angulus refractus* CEN *maior esse debet angulo incidentiae* DEG *seu* CEH, *adeoque radius refractus* EN *productus concurrere debet cum axe* FA. Fig.

Corol. I. *Si radii paralleli* HI *incidant in lentem plano concavam* KL, *post duas refractiones dispergentur, et recedent ab axe per* EN. *Etenim si radius* HI *axi* FC *parallelus incidit, erit perpendicularis in superficiem lentis planam, adeoque ex puncto* I *irrefractus pertransibit usque ad* E (prop. I.). *At vero refractio in* E *fit e medio densiori in superficiem sphaericam convexam medii rarioris, quod est aër. Quare in eo casu radius refractus* EN *ab axe* FC *divergit* (prop. V.). 22.

Corol. II. *Si radii* AE *axi* FP *paralleli incidant in lentem concavo-concavam* EBID; *post duas refractiones in punctis* E *et* D *dispergentur, atque ab axe reecdent versus* N. *Nam in prima refractione, quae fit in* E, *transitus est e medio rariori in superficiem cavam sphaericam medii densioris, ideoque radius refractus* ED *ab axe* FP *recedet* (prop. IV.). *In secunda refractione in punto* D *refractio fit e medio densiori in superficiem convexam medii rarioris, quod est aër; ideoque radius refractus* ED *magis diverget ab axe* FP *recedendo versus* N (prop. V.]. 23.

Fig.

Corol. III. *Effectus itaque lentium plano concavarum vel concavo concavarum est omnino oppositus effectui lentium convexarum. Illarum enim ope radii solares, qui ad sensum paralleli incidunt, disperguntur, ideoque lumen solare per lentes concavas debilitatur.*

ARTICVLVS IV.

De visione

I.

Ex praecedentibus articulis totum pendet visionis artificium. Sed ipsum visionis organum, quantum nostri est instituti, breviter describemus. Oculi figura fere est sphaerica
24. *adda*, pars tamen anterior *dd* est paullulum magis convexa, et tunica *cornea* vocatur, ubi pellucida est; reliquum autem oculi integumentum *aa*, quoad opacum est, dicitur *sclerotica*. Pars scleroticae anterior *aa*, quae corneae adiacet, tegitur tenui membrana, quae vocatur *adnata*, et efficit *album oculi*. Adnata tegit quoque corneam, sed ita tenuis ibi est, ut difficile distinguatur. Ab anteriori parte cum cornea iuxta circumferentiam cohaeret tunica *ee*, *uvea* dicta, quae plana est, et in medio foramen *g* habet, quod appellatur *pupilla*. Vvea constat ex fibris circularibus concentricis ad angulos rectos per fi-

bras *longitudinales* ad centrum tendentes intersectis. Fibras illas musculosas esse, a nemine hactenus demonstratum est. Immo peritissimus anatomicus Ruyschius, qui circa oculi structuram diligentius versatus est, fibras istas, maximam partem, vasa esse ostendit, atque celeberrimus vir D. Du Verhei oculum ceti diligentissime contemplatus, easdem fibras ex musculorum numero reiiciendas esse iudicavit. In medio oculi magis tamen versus partem anteriorem positum est corpus molle, pellucidum, lenti convexae simile *f*, cuius superficies posterior anteriorem convexitate superat: vocatur *humor crystallinus*. Axis huius cum oculi axe per centra pupillae et bulbi oculi transeunte coincidit. Sustinetur crystallinus humor filis *hh*, quae in singulis punctis circumferentiae huius cohaerent, et interiori parte oculi adnectuntur iuxta circumferentiam corneae, in formam arcus inflectuntur, et musculi creduntur, atque *ligamenta ciliaria* nominantur. Haec inter se iunguntur, et cum crystallino separationem in oculo efficiunt, huncque in duas cavitates seu *cameras g* et *h*, ut dicunt, unam anteriorem, alteram posteriorem dividunt. Anterior cavitas *g* repletur fluido aquae simillimo, quod dicitur *humor aqueus*. Cavitas posterior *h* repletur humore pellucido eiusdem circiter densitatis cum humore aqueo, sed minoris fluiditatis: *humor vitreus* vocatur.

Superficies posterior et interior oculi tegitur tunica *bb*, *choroides* dicta, fusco colore tincta. Hanc igitur tegit membrana tenuissima *cc*, cui nomen *retinae* datur. *Nervus opticus n* ad posteriorem bulbi oculi partem paullulum ad latus huic inseritur, et ita cum oculo iungitur, ut exterius nervi integumentum cum sclerotica cohaereat, et sequens cum choroide. Fibrae autem, ex quibus retina constat, concurrunt et medullam nervi constituunt. Oculus in capite movetur variis musculis cum sclerotica cohaerentibus. De his vero dicere, iuris nostri non est. Consideramus enim oculi structuram dumtaxat, quatenus ad luminis motum pertinet.

II. His praemissis, iam intelligitur admirandum visionis artificium. Radii luminis e superficie corporum vel prope superficiem reflexi, corneam primum permeant, tum in aqueum humorem incidentes, ii, qui oblique cadunt, tali ratione refringi debent, ut viciniores, quam antea, fiant; transeunt enim ex medio rariori in densius, nempe ex aëre in aquam. Deinde pupillam subeunt, atque intra crystallinum humorem, qui densior est aqueo, iterum refracti magis ad se invicem accedunt. Tandem in vitreum humorem incidunt, atque denuo refracti magis convergunt. Radii quidem ex humore crystallino in vitreum minus densum transeuntes a perpendiculari recedunt (*prop*. *111*.). Sed ob *len-*

ticularem crystallini figuram contingit, ut radii a perpendicularibus recedentes sibi ipsis viciniores fient, quod quidem patet ex iis, quae demonstravimus de refractione duplici per vitra utrimque convexa (*prop. III. art. praeced.*). Itaque radii in humorum traiectu has refractiones passi, in retina coëunt: hanc concutiunt: nervi optimi filamenta movent, ac tandem motus ad cerebrum propagatur.

Vt autem tota res in meliori lumine collocetur, ponamus, ex singulis superficiei alicuius punctis *A*, *B*, *C* emanare undequa- 25.
que lucis radios. Iam superficiei punctum quodlibet *A*, *B*, *C* considesari poterit tamquam vertex coni, cuius basis est ipsa pupilla *ci*, tum radii refracti alium generant conum priori oppositum, cuius basis quoque est pupilla, vertex autem est in oculi fundo in punctis *Y*, *O*, *X*, in quibus scilicet radiorum ex aliquo puncto emanantium concursus eiusdem puncti imaginem repraesentat. Illi autem duo coni *vi punctum visibile* B *e regione oculi sit*, habent axem communem *Bo*, quem velut lineam rectam considerare licet. Nam in hoc casu vix attendi debet refractio, quam radii in crystallino subeunt, tum in ingressu tum in egressu. Itaque fingi potest, singulos radios utrumque praedictum conum formantes cum ipso axe communi confundi. Ac proinde quodlibet superficiei alicuius punctum distinguitur eo, quod eiusdem

puncti imaginem ad fundum oculi transmittat radios per centrum pupillae transiens. His positis, si punctum obiecti sit in ipso magnitudinis visibilis centro, puta *B*, aliud eiusdem superficiei punctum *C* ad dexteram positum, sui ipsius imaginem in oculum emittet per radios *CE*, *CF*, qui priores radios in pupilla intersecabunt. Quare imago *Y* ad sinistram imaginis *C* iacebit, ac proinde imagines illae pingentur situ inverso, si cum punctorum *B*, *C* positione conferantur.* Itaque quum radiorum ex quolibet puncto emanantium fasciculus sive conus ad simplicem radium per axem reduci possit; tota obiecti superficies ad oculum relata potest etiam haberi tamquam pyramidis lucidae basis, cuius pyramidis vertex est ipsum pupillae centrum; radii autem, qui hanc formant pyramidem in oculi fundum producti, aliam generant pyramidem oppositam ipso organi fundo comprehensam, cuius proinde basis est tota obiecti imago *IOX*, quae cum suis coloribus depicta in retina praesentis obiecti

* *Non tamen radii omnes corneam* rf *ingressi, pupillam subeunt, uti* Bs, Be, *qui ab uvea reflectuntur versus* t *et* g. *Neque omnes, qui pupillam subeunt, ad crystallinum pertingunt, uti* Mm, Kk. *Hi omnes radii ad visionem nihil conferunt; quin potius officiunt.*

sensationem in nobis excitat. Quodnam vero sit primarium visionis organum, an sit retina, an chorois, disputant aliqui physiologi. Quae quidem quaestio videtur omnino superflua. Singuli enim organi partes pro suo officio ad distinctam visionem conferunt. Verum quum retina ex medullosa nervi optici portione componatur, huic parti tribuenda sunt praecipua visionis munera. Neque ad physicos pertinet definire, quo artificio pupilla dilatetur et contrahatur. Indubitatum quidem est, pupillam non eiusdem semper diametri apparere, sed nimia illabente lucis copia contrahi, et contra dilatari. Hunc reciprocum pupillae motum fibris muscularibus tribuunt aliqui. Sed rem alio modo explicant alii. De pupillae contractione et dilatatione tentamen proposuit vir claris. Weibrechtius *in commentariis petropolitanis tom.* 3. At his relictis, oculorum vitia illorumque remedia, quod quidem physicorum iuris est, exponemus.

III. *Quae hactenus dicta sunt, egregie confirmantur exemplo camerae obscurae. Si in ea foramen aperiatur, cui aptetur lens vitrea convexa; experientia constat, externarum rerum imagines interius depingi in tabula illas excipiente ad eam distantiam, qua lucis radii á singulis obiecti punctis profecti et per lentem refracti tandem coëunt. Vltra citraque hanc distantiam confusa est*

Fig. *imago; confusior item est imago circa extrema, quam circa medium, cui illius axis respondet.* Quum lucis radii imaginem puncti, ex quo emanarunt, secum deferant, et per vitrum convexum refracti in foco sese decussent; evidens est, radios illos plano aliquo ultra vel citra punctum intersectionis exceptos eiusdem puncti imaginem repraesentare, quae quidem imago magis extensa minusque vivida esse debet, quo remotior est illius ultra focum distantia. Ex maiori illa imaginis amplitudine fieri debet, ut puncti alicuius contigui imago cum priori imagine partim confundatur. Quare si duo illa puncta diversum habeant colorem, imago ex his duabus imaginibus composita tres exhibebit colores; pars enim duabus imaginibus communis compositum colorem admittet. Itaque imago illa permixta neque obiecti dimensionem, figuram, colorem, splendorem repraesentare poterit, sed iusto maior erit atque confusa. Verum in concursu seu foco radiorum, punctorum duorum imagines sunt nitide separatae et propriis coloribus distinctae. *Similiter si distantia tabulae á lente citra focum propior sit, manente eadem externi obiecti distantia, illius imago perturbatur etiam, sed magis contracta fit.*

Quae quum ita sint, obiecti alicuius di-
25. stincta est visio, si radii retinam *IOX* attingunt in vero concursus puncto, hoc est, in

vertice conorum lucidorum, qui ex unoquoque obiecti puncto proficiscuntur. Contra autem visio confusa est, si radii ante vel post concursum ad retinam perveniant. Praeterea obiecti imago vivida atque distincta trans superficiem refringentem convexam repraesentata, in axe per obiectum et centrum sphaericitatis transeunte constituta est, ut praecedenti articulo in camera obscura demonstravimus. Quare obiecta distincte non videntur, nisi versus obiectum dirigatur axis *BO* per oculi et pupillae centra transiens. Et re quidem ipsa in obiecto distinctissime non percipitur nisi punctum illud, ad quod hic axis pertingit *. Iam vero ad explicandam vitiosam oculorum constitutionem aliud superest observandum in adducto superius exemplo de camera obscura. Si obiectum aliquod collocetur in aliqua distantia a lente refringente convexa immota et constantis sphaericitatis; deinde autem obiectum ad lentem illam accedat, obiecti imago interius in tabula

* *Ad distinctam obiecti visionem confert etiam, quod imago in retina depicta satis magna sit respectu obiecti ita, ut puncta concursuum radiorum* Y, O, X *extra se invicem cadant. Ideo myopes melius vident, quae vident, quam presbytae, atque obiecta propinqua omnes distinctius cernunt quam remota.*

depicta recedet (*ex demonstratis*). Quare si imago obiecti in eodem loco fixa retineri debeat, vel ab ea removenda est lens refringens, accedente obiecto, vel semidiameter sphaericitatis lentis minuenda, quae quidem omnia ex articulo praecedenti sunt manifesta. Igitur homines, qui eximio pollent visus organo, oculos ita conformatos habent et ita facile mobiles, ut radii ex eòdem obiecti puncto emanantes et pupillam fere paralleli subeuntes, quod fit in distantia satis magna, in ipsa retina colligantur. At si obiectum ad oculos accedat ita, ut lucis radii ex aliquo obiecti puncto emanantes, pupillam ingrediantur divergentes; tunc spectator ita oculos accommodare potest in singulis obiecti distantiis, ut imago in retina semper exaretur, sive id faciat lentem crystallinam versus pupillam propius admovendo, sive reducta ad maiorem convexitatem lente crystallina aut tunica cornea. Crystallinae lentis mutationes fieri ligamentorum ciliarium *rm*, *fz* ope persuasum habent plerique anatomici. Cornea quoque mutationi obnoxia esse potest vi musculorum *rectorum*, qui oculum secundum directionem axis comprimunt, illumque versus orbitae fundum retrahunt.

IV. Ex his intelliguntur diversa oculorum incommoda. Si organum ita vitiose fuerit conformatum, ut pro obiectorum distantia mutari non possit, ut oportet, oculi fi-

gura ; tunc intra certos limites dumtaxat distincta habetur visio. Ita si lens crystallina vel etiam corneae pars anterior iusto maiorem habeat convexitatem , obiectorum nimis distantium imagines prope lentem crystallinam ac proinde ante retinam pinguntur, ideoque confuse dumtaxat videntur. Ea de causa fit , ut homines tali vitio laborantes, qui dicuntur *myopes* obiecta propius admovere debeant. Ita enim imagines interius depictae fiunt remotiores , et ad ipsam retinam accurate pertingunt. At si corneae segmentum anterius vel lens crystallina eam dumtaxat habeant convexitatem , quae necessaria est , ut obiectorum remotiorum imagines in retinam cadant , obiecta proximiora pingentur ultra retinam , ideoque confuse tantum videri possunt. Qui tali oculorum vitio laborant , vocantur *presbytae* , atque vitium illud frequens est senibus. Arescentibus enim longa aetate humoribus , complanatur lens crystallina , et corneae pars anterior deprimitur. Itaque myopes proximiora dumtaxat obiecta distincte vident per radios divergentes , presbytae autem distincte tantum vident obiecta remotiora per radios fere parallelos. Porro ex antea explicata vitrorum concavorum et convexorum doctrina notum est , eam esse vitrorum concavorum proprietatem , ut radios parallelos et ex remotiori obiecto emanantes reddant divergentes. Quare myopum vitium

lentis concavae ope corrigi potest. Contraria ratione lentem convexam adhibere debent presbytae. Evidens autem est, iustam esse debere vitrorum concavitatem vel convexitatem et oculorum imperfectioni convenientem. Alio etiam modo ex parte aliqua emendari possunt tum myopum tum presbytarum vitia. Si nempe obiecta per foramen valde exiguum conspiciantur. Etenim si pupillae diameter instar puncti se haberet ita, ut unicum dumtaxat admitteret radium ex unoquoque obiecti puncto emanantem, radii illi in totidem distincta retinae puncta caderent, ac proinde distinctam repraesentarent obiecti imaginem, minus tamen vividam ob lucis inopiam. *Tunc enim radii* Kk, Mm, *qui nimis oblique oculum subeuntes, visioni officiunt* (*ut sup. dictum est*), *ab ingressu arcentur. Ea de causa fit, ut myopes, qui ob conformatam corneam nimis convexam, nimisque convexum humorem crystallinum plurimos eiuscemodi recipiunt radios obliquos, aliquod obiectum visuri, nictantes oculos fere claudant. Id quidem insciis myopibus praestat natura, ut obiectum clarius intueantur.* Ea etiam de causa fit, ut obiectum etiam oculo valde proximum trans exiguum foramen distincte cernamus.

Saepe contingit ut oculorum alteruter vi maxima polleat, alter autem myopum vel presbytarum vitio laboret. In hoc casu spe-

ctator perfectiorem oculum versus obiecta debet convertere, alterum autem oculum minus perfectum avertere plerumque versus nasum; alioquin obiecti imago confusa distinctam imaginem turbaret. Hinc fit, ut aliqui distortis adspiciant oculis. Vitium illud appellatur *strabismus*, et qui eo laborant, *strabones* sive *lusci*, de quo multa et quidem utilissima tradit D. de Bufon in monum. paris. ann. 1743.

Porro licet obiectum aliquod geminis intueamur oculis, illud tamen unicum apparet. AEquales enim omnino fiunt in *homologas* utriusque oculi fibras impressiones, atque easdem illas simultaneasque impressiones veluti impressionem unicam mens nostra iudicat. At si eiusdem obiecti imagines in homologis non pingantur fibris, iam ex impressionum varietate duplicis obiecti sensatio in nobis excitatur. Ceterum imagines duae in fibris homologis imprimuntur, si obiectum utroque oculo per radios physice parallelos contemplemur, vel si oculi eodem plane modo versus obiectum dirigantur. Hinc obiectum oculis proximius duplex nobis apparet, quum obiectum illud intueri non possimus, nisi visionis axes valde inclinentur. Oculus sinister obiectum videt ad dexteram, oculus autem dexter ad sinistram, quum duo axes ad partes illas sint inclinati. Simili ratione duplex apparet obiectum, si oculi non

Fig. eodem modo obvertantur; in diverſis enim locis fiunt obiectorum impreſſiones. Hinc homines vino madidi duplex obiectum loco unius apprehendere ſolent. Ita enim perturbatis motibus agitantur nervorum muſculorumque fibrae, ut verſus idem obiectum ea, quae neceſſaria eſt, directione ambo oculi converti non poſſint. Idem quoque accidit hominibus adfectuum aeſtu et furore miſere abreptis.

V. Ad viſionis doctrinam pertinet apparens obiectorum magnitudo. Angulus *opti-*
25. *cus* appellatur *AHC*, quem comprehendunt radii duo *extremi terminantes pyramidem illam lucidam, de qua ſup.* et ex duobus obiecti alicuius extremis emanantes, *et cui intra oculi fundum aequalis reſpondet* YHX. Quia vero, ceteris paribus, de obiectorum aequalitate vel inaequalitate nullum ferre poſſumus iudicium, niſi ex ipſis imaginibus in fundo oculi depictis; patet, obiecta quaelibet aequalia vel inaequalia ſub eodem angulo viſa, apparere aequalia, niſi cauſa aliqua de apparenti magnitudine noſtrum perturbet iudicium. Ex angulorum opticorum inaequalitate evidens eſt, decreſcere apparentem alicuius obiecti magnitudinem, ſi maior ſit illius ab oculo diſtantia, ceteris paribus. Etenim obiecti demenſiones ſunt baſes conſtantes trianguli *AHC*, cuius latera ſunt duarum obiecti extremitatum ab oculo diſtantiae. Quare creſcentibus lateribus *AH*, *HC* pro maiori di-

stantia, crescunt quoque anguli lateribus oppositi A, C, ac proinde decrescit angulus lateri constanti AC oppositus, ideoque et minor fit obiecti imago. Hinc magnitudines apparentes vel anguli optici obiectorum sunt in ratione distantiarum inversa ab oculo, si tamen anguli sunt minimi, secus autem si anguli paullo maiores sint (*ut patet ex geom.*) *. Quare obiecti alicuius maioris et valde remoti partes aequales non apparent aequales. Nam partes ab oculo remotiores minorem subtendunt angulum, et contra. Ea de causa fit, ut lineae parallelae ad magnam distantiam productae videantur concurrere, atque eamdem ob causam sublimior turris spectatori inclinata videtur. Nam si turris sit perpendicularis, spectator situm hunc perpendicularem comparat cum recta perpendiculari per oculum transeunte. Quare situs perpendicularis ipsius turris, rectae perpendiculari per oculum transeunti parallelus, in parte superiori convergere apparet.

VI. Haec eadem principia ad visionem quae fit per vitra vel specula, transferri possunt. Etenim quum obiecta non videamus nisi secundum directionem radiorum, qui in oculum transmittunt obiectorum imaginem,

* *Nam in minimis angulis arcus eos metientes cum suis sinubus confunduntur; non item in angulis maioribus.*

si radii illi plures refractiones et reflexiones patiantur ita, ut mutetur primitiva radiorum directio, iam obiectum videre non possumus secundum rectam ex obiecto ad oculos nostros directe pervenientem. Itaque quum magnitudo apparens obiecti maxime pendeat ex angulo, quem radii ad oculum ultimo pervenientes comprehendunt; evidens est, apparentem obiecti magnitudinem mutari, si refractio vel reflexio angulum opticum mutaverit. Quod spectat ad oculi distantiam a loco obiecti apparente, hanc non metitur vera ultimae imaginis ab oculo distantia. Etenim experientia compertum est, obiectorum distantiam apparentem ex nostris iudiciis maxime pendere. Obiecta, quae fusca et obscura apparent, remotiora iudicamus, atque eamdem ob causam illorum quoque magnitudinem iudicio nostro augemus. Si inter obiectum aliquod et oculos nostros longa contineatur obiectorum series, augemus quoque tacito iudicio obiecti distantiam et magnitudinem. Igitur quae dicta sunt de apparenti obiectorum magnitudine, intelligi debent dumtaxat, *si omnia fuerint paria*. Itaque quum apparentem obiectorum distantiam ex nostris de illorum magnitudine iudiciis aestimare soleamus, si obiectorum imagines reflexione aut refractione minuantur vel augeantur, obiecta illa oculo proximiora vel ab eo magis remota iudicamus, facta nempe com-

paratione inter magnitudinem apparentem et magnitudinem veram. Quia vero obiectorum, quae directe videntur, superficies est basis pyramidis lucidae, cuius vertex est in oculo, si reflexione aut refractione magis obtusus fiat pyramidis angulus, obiectum, quod ad huius pyramidis basim semper refertur, oculo seu novae pyramidis vertici propius apparebit; contrarium evenit, si pyramis fiat magis acuta. Inde autem per constructionem determinari solet apparens obiectorum locus, si obiecta trans vitra et in speculis conspiciantur. Fig.

Prop. I. *Obiectvm* AE *trans lentem vtrimqve convexam* LK *conspectvm ab ocvlo* O *prope eam constitvto videbitvr mvlto magis amplificatvm in* ae, *atqve erectvm.* 26.

Demonst. *Etenim radii lucis exeuntes ex punctis* A *et* E, *postquam in lentem* LK *inciderint, duasque refractiones passi fuerint, magis convergentes fiunt versus* O (cor. I. prop. III. art. praec.). *Quapropter angulus opticus, qui magnitudinem obiecti repraesentabit, erit* cOd, *idem profecto atque si radii visuales venissent ex* a *et* e. *Igitur imago apparebit multo magis aucta et amplificata secundum magnitudinem* ae. *Similis demonstratio locum tenet, si lens*

Fig. *fuerit plano-convexa , ut* ex sup. liquet *.

Prop. II. *Si obiectvm* AE *ab ocvlo* O
27. *introspiciatvr per lentem vitream vtrimqve concavam* SS, *illvd apparebit diminvtvm atqve erectvm in* ae.

Demonst. *Ponantur lucis radii ex* A *et* E *provenientes in lentem* SS *incidere , post duas refractiones ex punctis* cc *exibunt valde divergentes versus* O (cor. II. prop. V. art. praec.) *Itaque radii visuales* cO , cO *efformabunt angulum opticum* cOc , *qui quidem idem erit , atque si radii provenissent ex punctis* a *et* e. *Igitur imago repraesentabitur secundum magnitudinem* ae , *quae magis diminuta est obiecto suo. Similiter demonstratio instituitur , si lens fuerit plano-concava , ut* ex sup. manifestum est **.

* *Imago* ae *remotior a lente ponitur quam obiectum* AE. *Demonstratur enim, singula obiecti puncta , quae radios lucis divergentes emittunt , et qui distantiam illius exhibent , per lentem remotiora apparere quam re ipsa sunt.*

** *Imago repraesentata lenti proximior ponitur quam obiectum. Demonstratione enim constat , quod si considerentur radii divergentes ex singulis obiecti punctis emanantes , distantiam obiecti minorem exhibeant , quam sit re ipsa.*

Obscuriora magisque confusa videntur obiecta, quae sunt ab oculis nostris remotiora, contra autem splendidiori fulgent luce, si fuerint propiora. Hinc fit, ut obiecta confusa a nobis remotiora iudicemus, et vice versa. Atque ea de causa intelligitur difficillimum picturae artificium, quo lux et umbra in tabellis tanta miscentur industria, ut obiecta eminere et quasi foras erumpere videantur. Eadem est ratio, cur spectra nocturnaque phantasmata longe maiora apparere soleant. Quum enim obscura sint obiecta, maiorem illorum distantiam ex visionis confusione aestimamus, illorumque magnitudinem ita enormiter augemus, ut timidioribus hominibus terrorem incutere soleant. Hinc etiam reddi potest ratio, cur concava coeli superficies *delumbati* fornicis instar appareat. Etenim quum sidera prope horizontem minus splendeant, eo remotiora a nobis iudicantur, atque eidem causae magna ex parte tribuendum est, quod sol et luna maiores appareant in horizonte, minores autem, quo altiores supra horizontem. Etenim ponamus, sphaericam esse apparentem coeli concavitatem, in cuius centro posita sit tellus, diameter apparens solis eadem esse debet in qualibet supra horizontem altitudine. At quum fornicis delumbati figuram referat coeli concavitas, maior est apparens solis distantia in horizonte, quam in aliqua supra horizontem altitu-

dine, ac proinde solis aliorumque siderum magnitudinem optica illusione augemus. Huic tamen causae iungi etiam debet alia, quam ex longa obiectorum serie desumere solent physici. Et quidem dum sol et luna versantur in horizonte, inter corpora illa nostrosque oculos magna sese offert obiectorum multitudo, qua fit, ut maiorem a nobis iudicemus solis et lunae distantiam *. Id autem frequenti exemplo ostendi potest. Si longior vallis homini in planitie constituto conspicua non fuerit, obiecta ultra vallem, licet longius remota, iudicabit spectator valde proxima. At si ad vallis marginem accesserit, oblata nempe corporum intermediorum serie, statim magnam aestimabit distantiam. Porro sphaericam ponebamus concavam coeli superficiem. Et quidem certum est, suos esse visioni limites ita, ut nullam in remotissimis distantiis differentiam discernere va-

* *Rationibus, quibus exponit Auctor phaenomenon de diversa magnitudine, quibus nobis conspicua fiunt sidera, dum in horizonte et in meridiano versantur, nullo modo fidendum est. Eas tamquam futiles sibique contradicentes exagitat Antonius Genuensis* adnot. ad elem. physica Petri van Musschenbroëk tom. II. §. 997. num. 4. *Veram phaenomeni expositionem tradit ipsemet adnotator* §. seq. 998. num. 8.

leamus. At obiecta, quae eamdem a nobis distantiam servare videntur, apparere debent tamquam locata in superficie sphaerae, cuius centrum oculus occupat. Hinc fit, ut corpora omnia coelestia, licet magnis intervallis alia aliis superiora, ad eamdem tamen concavam superficiem atque sphaericam referamus. Fig.

CATOPTRICA.

Atque ut de visione in speculis sive de catoptrica tandem agamus, haec sit universalissima

Lex: *In quocumque speculo quodlibet obiecti punctum videtur in linea recta, quae ab eo ad speculum perpendiculariter ducitur. Punctum vero illud in praedicta linea determinatur, si radius reflexus retrorsum prolongetur. Vbi enim radius reflexus productus illam perpendicularem secabit, videbitur obiecti punctum.*

Principium istud, quod a plerisque demonstrari solet, absque probatione a nobis adsumitur, atque universalissimum statuitur; quamvis unico in casu non obtineat, de quo tamen in praesentia non agimus.

Prop. I. *Si ante specvlvm planvm ponatvr obiectvm* DE, *illivs imago* LM *apparet spectatori* CH *ad eam-* 28.

DEM POST SPECVLVM DISTANTIAM, QVA OBIECTVM ABEST AB SPECVLO; IMAGO VERO AEQVALIS SIMILISQVE EST OBIECTO, AC IN EODEM SITV RESPECTV OCVLI IACENS, AC OBIECTVM.

Demonst. *Quum ex singulis obiecti punctis quaquaversum radii divergentes emittantur, prodibunt ex punctis* D *et* E *radii* DF, DZ, *et* EN, EO, *qui reflexi pervenient ad oculum in* C *et* H. *Ex duobus punctis* D, E *ducantur perpendiculares ad speculum* DL, EM. *Productis radiis reflexis, perpendiculares secabuntur ab iis in* L *et* M, *ac proinde in iis punctis videbuntur puncta obiecti* D *et* E (ex sup. posito princip.). *Iam vero triangulum* DIF *simile et aequale est triangulo* LIF. *Nam anguli ad* I *sunt recti, latus* IF *utrique commune, et praeterea angulus* DFA = LFI, *quia angulus* DFI = CFB = LFA, *quum sint verticales. Igitur et latus* DA, *quod est distantia obiecti ab speculo, aequale erit lateri* AL, *quod est distantia puncti imaginis illius ab eodem speculo. Eadem demonstratio locum tenet, quod ad punctum* E *et* M. *Porro duae perpendiculares ad eamdem rectam* AG *sunt inter se parallelae, adeoque distantia* DE = LM, *ac proinde et imago apparebit eiusdem magnitudinis.*

Coroll. *Ex his patet, cur spectatori an-*

te speculum planum constituto dexterae sui Fig.
corporis partes appareant sinistrae, et contra. Tum si spectator ad speculum accedat vel recedat, imago eadem ratione ad speculum accedere vel recedere observabitur.

Prop. II. *SI ANTE SPECVLVM SPHAERICO-CONVEXVM* ABX *OBIECTVM QVODVIS* EF 29.
CONSTITVATVR, ILLIVS IMAGO IL fere *VIDETVR INTRA SPECVLVM, ET IPSI PROPIOR, IMMINVTA, SITV ERECTO ET ALIQVANTVM DIFFORMIS.*

Demonst. *Ducantur ex punctis* E *et* F *ad superficiem speculi* ABX *perpendiculares* EC, FC, *quae dicuntur* catheti incidentiae. *Quum ex singulis obiecti punctis radii divergentes quaquaversum spargantur, ex puncto* E *emanabunt radii* EB, EG, *qui retroducti, et cathetum incidentiae secantes in* I, *illic exhibebunt imaginem puncti* E. *Eodem modo liquet, punctum obiecti* F *repraesentandum esse in puncto* L. *Itaque spatio cathetis* CE *et* CF *comprehenso contineri debet obiecti imago. Sed spatium istud coarctatur, angustiusque fit versus centrum* C. *Igitur imago minor apparere debet obiecto suo. Inde etiam patet, aliquatenus difformem, sed situ erecto conspiciendam esse, quum puncta obiecti in imagine contracta aliquatenus confundi, necessum sit.*

Fig. Coroll. *In ſpeculo cylindrico verticaliter poſito obiecta apparere debent longa, ſed gracilia. Si autem ſpeculum horizontaliter collocetur, videbitur obiectum latum, ſed conſtrictum. Etenim ſpeculum cylindricum refert ſpeculum planum ſecundum ſuam longitudinem; ſpeculum vero ſphaericoconvexum ſecundum latitudinem. Igitur ſecundum priorem directionem obiectorum imagines repraeſentabuntur illis aequales, ſecundum aliam vero conſtrictae atque decurtatae* (prop. I. et II.).

Prop. III. *SI ANTE SPECVLVM SPHAERICO-*
30. *CONCAVVM* ABC *INTRA QVARTAM DIAMETRI PARTEM SPHAERAE, CVIVS SECTIO EST SPECVLVM, OBIECTVM QVODVIS* EF *CONSTITVATVR, ILLIVS IMAGO* HM *PONE SPECVLVM VIDEBITVR AMPLIFICATA ET ERECTA.*

Demonſt. *Etenim radii lucis emanantes ex* E *et* F *reflexi in* B *et* G, *atque in* O *et* G, *ſi retroducantur, cathetos incidentiae* PH, PM *interſecabunt in* H *et* M, *adeoque in his punctis repraeſentabitur illorum punctorum* E, F *imago. Iam vero quum imago intra ſpatium comprehenſum cathetis incidentiae* PA, PM *repraeſentari debeat; lineae autem illae continuo divergant a centro, patet, imaginem pone ſpeculum*

magis amplificatam videri debere. Inde etiam manifestum est, imaginem erectam esse.

Coroll. *Fieri etiam potest ut obiectum* EF *penitus dispareat et evanescat. Si nempe obiectum* EF *longius distet a speculo* ABC, *quam centrum* P, *atque oculus* DH *inter centrum et speculum constituatur. Tunc enim radii reflexi et retroacti numquam cum cathetis incidentiae concurrunt. Si autem obiectum inter focum et centrum constituatur, et oculus ultra centrum removeatur; imago ultra centrum apparebit in aëre pendula, situque inverso. Aliae anomaliae in speculo concavo observantur ex diversa positione centri, foci, obiecti, vel oculi.*

ARTICVLVS V.

De coloribus atque iride.

I.

Triplici potissimum ratione considerari possunt colores, nempe quatenus sunt in ipsis lucis corpusculis, vel quatenus certam quamdam designant corporum dispositionem, qua fit, ut dati alicuius coloris sensatione nos adficiant; tandem quatenus in organo visionis certum motum imprimunt. Has singulas partes, ipsaque iridis phaenomena prolixiori conclusione explicabimus, paucis tamen praemissis. De colorum natura variae sunt philosophorum opiniones. Peripatetici

colores omnes accidentia quaedam et qualitates esse arbitrantur, quae variis corporibus impressae fuerint, ipsisque inhaereant, et in oculis nostris imaginem vel speciem quamdam imprimant. Verum entitates illas exsulare omnino iubent recentiores physici. Neque enim ad producendam coloris sensationem necesse est, ut in corpore ullus color inhaereat, quemadmodum ex cibo sapor, et ex acu dolor percipitur, licet sapor ipse in cibo, et dolor in acu non reperiatur. Communis est igitur philosophorum omnium opinio, colores esse non entitates aliquas vere corporibus inhaerentes, sed quasdam lucis modificationes, quae secundum varium modum, quo a diversis corporibus lux resilit atque refringitur, varias in ocülis vibrationes variumque coloris sensum excitant. At quamvis in hac doctrina generatim conveniant cartesiani et newtoniani, rem tamen diverso plane modo explicant. Cartesiani totam colorum differentiam repetunt ex diversa corporum textura, qua fit, ut radii lucis diversas in diversis corporibus suscipiant modificationes, atque ita varias in nobis excitent colorum sensationes. Contra censet Newtonus, et immensa experimentorum copia plane demonstrat, maiorem vel minorem radiorum coloratorum refractionem non pendere a modificationibus, quas radius luminis in refractione aut reflexione adquirat, sed ex ipsius

radii natura oriri ita, ut diversa colorum fila internam habeant *refrangibilitatem* coloremque internum. Sed Newtoni doctrinam non satis mirandam sequenti conclusione exponemus. Fig.

CONCLVSIO.

CERTISSIMIS EXPERIMENTIS DIVERSAM RADIORVM REFRANGIBILITATEM DEMONSTRAVIT NEWTONVS; ATQVE EX EADEM DOCTRINA PENDENT IRIDIS PHAENOMENA.

Prob. 1. pars. Ex innumeris experimentis, quae Newtonus instituit, et in optica fuse persequitur, unum heic primum seligemus vulgo notissimum, quod rem omnino demonstrat. Est autem huiusmodi:

Paretur prisma vitreum triangulare, cuius transversam sectionem exhibet triangulum *ABC*. 31.
Solis radius *SD* per exiguum foramen *D* in cubiculum satis tenebrosum immissus excipiatur facie prismatis *AC* oblique in *E*. Pars aliqua ex *E* reflectitur, pars alia ipsum ingreditur vitrum et refringitur, (*ex antea demonstratis*). At proinde etiam ubi pervenit ad faciem *CB*, pars aliqua intra vitrum reflectitur, pars autem alia e vitro egreditur. Sed de radiis reflexis heic nihil curandum est: solos radios refractos consideramus. Porro radius in *E* non refringitur totus in eodem angulo, sed plurium veluti filorum diverse refrangi-

bilium tela retexitur. Quae omnium maxime refringuntur per *Ep*, violaceum colorem exhibent, rubeum vero colorem pingent, quae omnium minime refringuntur per *Er*, reliquis coloribus intermediis iacentibus in angulo *pEr*, nempe hoc ordine sedent colores, *rubeus*, *aureus*, *flavus*, *viridis*, *caeruleus*, *indicus*, *violaceus*. Illa autem colorum fila in egressu e facie *CB* rursus iter flectuntur, et a perpendiculis *TpN*, *trn* recedunt; filum quidem violaceum *pI* omnium maxime, et rubeum *rR* omnium minime, ac in pariete vel in charta eodem ordine pinguntur. Porro heic repraesentavimus radium *SDE* per unicam lineam rectam, et separata colorum fila tamquam lineas *PR* consideravimus. Verum ob foraminis *D* amplitudinem ex quovis solis puncto defertur exiguus quidam radiorum conus, seu quasi cylindrus ad *E*; et ob diametrum solis apparentem *Ss* defertur per quodvis punctum foraminis *D* conus *EDe* habens angulum *EDe* aequalem angulo *SDs* ad verticem opposito, nempe diametro apparenti solis. Hinc fit, ut radii *DE* et *De* non habeant eumdem angulum incidentiae, ac proinde nec eumdem angulum refractum. Itaque fila omnia rubea, tum quae profecta ex eodem solis puncto transeunt per omnia puncta foraminis *D*, tum quae disceduut e diversis solis punctis, pingunt circa *R* exiguam ellipsim seu circellum quemdam, cuius cen-

trum proxime occupat rubeus radius e centro solis digressus, et per centrum foraminis transiens. Idem praestant violacei circa *P*, atque ita deinceps a centro circelli rubei ad centrum violacei continua serie disponuntur circellorum omnium centra. Hinc fit, ut in charta vel pariete non linea quaedam colorata pingatur, sed veluti columna binis semiellipsibus vel semicirculis in *R* et *P*, et e latere binis rectis infinitas ellipses vel circellos intermedios tangentibus terminata. Porro si interceptis reliquorum colorum filis unicum dumtaxat filum, e. g. viride, transmittatur, alteroque prismate frangatur, vel pluribus utcumque refractionibus vel reflexionibus torqueatur; iam illud in plura fila non dividitur, sed refringitur totum iisdem legibus, quibus in primo prismate fuerat refractum: eumdem semper colorem servat, etiamsi prismatis conversione ad quamlibet partem dirigatur, sive transeat per medium lucidum, sive aliorum colorum fila traiiciat, aut etiam densioris umbrae confinia radat. Diversam radiorum refrangibilitatem omnino internam et immutabilem demonstrat experimentum illud, nec minus clare ostendit necessariam cum radiorum refrangibilitate colorum connexionem.

Newtonianam doctrinam plurimis experimentis confirmabimus, ubi solventur obiectiones. Quare heic pauca addere satis erit. Si radii prismate separati iterum colligantur ope

lentis convexae, ut fieri solet, color albus iterum restituitur. Attamen radii illi, ex quibus collectis albitudo nascitur, ultra punctum intersectionis iterum in colores suos dividuntur, sed ordine inverso; illa enim colorum fila in foco collecta sese deinde decussant. Simili ratione si radii rubri, flavi, virides, caerulei et violacei certa proportione misceantur, subalbicans color inde nascetur, qui etiam observabitur in globo septem praedictis coloribus tincto, dummodo globus ille ita rapida manu convertatur, ut singuli colores organum visionis seorsum adficere non possint. Si radii solares interna prismatis superficie sub angulo valde obliquo excipiantur, radii violacei reflectentur, transmittentur autem radii rubri. Ex hoc experimento colligitur, radios magis *refrangibiles* esse quoque magis *reflexibiles*, seu maiori reflexionis facilitate praeditos. Itaque ex his paucis experimentis, et ex aliis plurimis infra explicandis manifestum est, solis imaginem, quam *spectrum solare* appellat Newtonus, compositam esse ex septem radiis primitivis diversa refrangibilitate et reflexibilitate praeditis, nullique mutationi obnoxiis. Sed antequam ad alteram conclusionis partem progrediamur, observandum est, solaris imaginis colores ea proportione in septem intervalla dividi, ut proportionalibus septem tonorum musicorum intervallis satis accurate respondeant. Id qui-

dem plane singulare est, sed praecipiti iudicio concludendum non est, inter colorum tonorumque sensationes aliquam esse analogiam. Nihil enim habent sensationes nostrae ipsis obiectis simile. Ceterum tamen est, diversos colores variosque illorum gradus ita inter se componi posse, ut iucundissimum oculis spectaculum exhibere possint. Fig.

Prob. 2. pars. Iridis origo et generatio haud melius explicabitur quam sequenti experimento. Capiatur globus vitreus *BCD* aqua 32.
plenus, et ita aperto aëri obiiciatur, ut a tergo spectatoris *E* positus sit sol *S*. Iam si radius *ED* ductus ab oculo ad punctum *D* globi *BCD* constituat angulum 42° 11′ cum recta *EM*, quae ad partes solis producta intelligatur, et in solem ipsum incurrat, *sive quae parallela concipitur radio incidenti* SB, tunc pars globi vitrei *D* rubro colore tincta apparebit. Sed si angulus *DEM* paullatim minuatur, tunc evanescet quidem color rubeus, sed in eius locum succedet primum flavus, tum sequentur colores alii ex ordine, et ultimo loco violaceus. Hic autem postremus color sese conspicuum non praebet, nisi angulus *DEM* fiat 40° 16′ ita, ut colorum limites intra 42° 11′ et 40° 16′ contineantur, ac proinde tota colorum latitudo occupat spatium 1° 55′. In hoc autem experimento colores generantur per binas radiorum solarium refractiones, et unam reflexionem.

Nam radius *SB* incidens in globi punctum *B* primum refringitur in *BC*, tum reflectitur in *CD*, iterumque refringitur in *DE*, atque eadem directione subit oculum *E* angulos praedictos comprehendens cum recta *EM*, quae producta tendit ad solem, *sive quae radio incidenti* SB *parallela concipitur*. Porro adnotare oportet, radium solis *SB*, qui globo occurrit in *B*, et post binas refractiones et unam reflexionem ad oculum in *E* pertingit, parallelum esse rectae *ME* tendenti ad solem *S*. Etenim quum rectae *BS*, et *ME* tendant ad solem infinito propemodum intervallo a terra distantem, si intervallum illud conferatur cum distantia radiorum *B*, *M*, facile intelligitur, rectas *ME* et *BS* tamquam parallelas et coincidentes haberi posse. Quare productis *SB* et *ED*, donec concurrant in *X*, erunt anguli alterni *BXD*, *DEM* aequales inter se. Iam vero quoniam experimento compertum est, apparere colorem rubrum in *D*, ubi angulus *DEM* est 42° 11′, quumque sit angulus *DEM* aequalis angulo *BXD*, videbitur quoque color rubeus in *D*, si angulus *BXD*, quem radius incidens *BS* et emergens *DE* producti continent in *X*, sit 42° 11′. Si autem hic angulus paullatim minuatur, evanescet quidem rubeus color; sed in eius locum succedent ex ordine colores alii, ut iam diximus. Porro ut conspicuus maneat color violaceus, necesse est, an-

gulum BXD esse 40° 16′. Si autem angulus paullo minor evadat, iam nulli amplius colores apparebunt.

At demonstratas refractionum leges revocari potest praecedens experimentum. Esto O centrum sphaerae vitreae, a quo in radios BX, et BC cadunt perpendiculares OR, OQ, iungaturque OB. Erit $OBX = SBA$ angulus incidentiae, cuius sinus est OR, sumto OB pro sinu toto sive radio, et OBC erit angulus refractus, cuius sinus est OQ. Similiter demissis in radium reflexum CD et emergentem EX perpendicularibus Or, Oq, iunctoque radio OD, erit ODC angulus incidentiae, et ODX angulus refractus, quorum angulorum sinus sunt Or, Oq. Iam vero in refractionibus radiorum rubrorum, quae fiunt in transitu ex aëre in aquam, sinus anguli incidentiae est ad sinum anguli refracti ut 108 ad 81 circiter. In refractionibus vero radiorum violaceorum, quae fiunt pariter in transitu ex aëre in aquam, sinus anguli incidentiae est ad sinum anguli refracti, ut 109 ad 81. Quare in radiis rubeis OR est ad OQ, ut 108 ad 81, in violaceis autem, ut 109 ad 81. Similiter in rubeis Oq ad Or erit vicissim ut 81 ad 108, in violaceis vero ut 81 ad 109. Quibus constitutis, si calculus ineatur ex trigonometria, prodit angulus BXD pro radiis rubeis 42° 11′, pro violaceis autem 40° 16′, Qui quidem anguli

Fig. cum experimento ad amussim consentiunt.

Iam fingamus, partem aliquam atmosphaerae, quae oculis spectatoris obversatur, rotundis aquae guttis refertam esse, et rectam *EM* per oculum spectatoris ductam ita positam esse, ut producta ad partes a spectatore aversas in solem incurrat, *sive radiis incidentibus sit parallela.* Si guttula *BCD* talem habeat situm respectu solis et oculi, ut radius *SB* bis refractus et semel reflexus perveniat ad oculum sub angulo *DEM* 40° 16′, guttam illam violaceam apparere necessum est. Si autem guttula sublimior talem habeat sinum, ut radius bis refractus et semel reflexus accedat ad oculum sub angulo 42° 11′, gutta rubea apparebit, et ita dicendum est de aliis guttis intermediis. Itaque si intelligamus innumeras huiusmodi lineas ita, ut semper fiant anguli propriae radiorum refrangibilitati convenientes, diversi repraesenta-
33. buntur colores. Iam vero oculus spectatoris *O* considerari potest tamquam locatus in communi vertice conorum omnium, quos generant radii *KO*, *TO* ad oculum pertingentes. Evidens autem est, pro diversa radiorum refrangibilitate diversos haberi conos, eumdem tamen verticem, nempe oculum, habentes. Haec autem conorum formatio intelligi facile poterit, si revocemus in memoriam, obiecta satis remota ad eamdem ab oculo distantiam referri, ac proinde tamquam in circulo po-

sita videri. Quare patet, multa obiecta hoc modo disposita sese concipienda praebere in coni superficie. Igitur manifestum etiam est, guttas rubeas *K* pertinere ad superficiem coni, in quo angulus ad verticem *KOF* maior est; guttas autem violaceas *T* referri ad conum, in cuius vertice angulus *TOF* minor est, et ita aliorum colorum guttae ad conos intermedios referuntur. Hinc ergo intelligitur, diversas guttarum species per diversas colorum fascias vel arcus esse disponendas. Haec quidem est origo iridis, quae *primaria* seu *interna* vocatur. Sed hanc iridem circumdat aliquando alia, quae *secundaria* seu *externa* dicitur.

Iridis secundariae generatio consimili experimento explicatur. Si nempe globus vi- 33.
treus soli obiiciatur ita, ut angulus *MOF* sit 50° 58′ circiter, apparebit color rubeus in *M*. At si angulus *BOF* evadat paullo maior, evanescet quidem rubeus color, sed in eius locum succedet primum color flavus, tum alii colores, atque ultimo loco color violaceus, qui color ut fiat conspicuus, necesse est, angulum *DEM* esse 54° 9′. Ac proinde iridis secundariae limites intra 50° 58′ et 54° 9′ continentur ita, ut colorum latitudo occupet spatium 3° 41′. Quare distantia inter duas irides *EM* erit 8° 47′. Verum in calculis praecedentibus radios per centrum solis transeuntes dumtaxat consideravimus. At quum diameter solis apparens sit 30′ circi-

ter, duae extremae colorum fasciae, rubri scilicet et violacei augeri debent 30′ in iride interiori, nempe color violaceus infra in *Q* augetur 15′, color autem rubeus supra in *E* totidem 15′. Contra autem in iride exteriori color violaceus supra in *B* augetur 15′, infra autem color rubeus in *M*. Colores enim in utraque iride sunt contrario ordine positi. Igitur arcus utriusque distantia *M* et *E* minui debet 30′, ac proinde latitudo arcus interioris *KΓ* erit 2° 25′, arcus autem exterioris *XM* 3° 41′, utriusque arcus distantia *EM* 8° 17′; quod quidem cum observatis iridis dimensionibus accurate consentit. Porro in hoc experimento, quod quidem non secus ac praecedens ad calculum trigonometricum revocatur, colores generantur per binas refractiones totidemque reflexiones in guttis *B* et *M*, atque ea de causa fit, ut secundariae iridis colores sint dilutiores minusque vividi. Et iccirco irides secundariae videri non solent, nisi coelum anterius sit admodum nubilum et obscurum. Atque hinc patet, cur rarissime conspiciatur tertia iris, quae praeter duas radiorum refractiones triplicem reflexionem admittit. Porro quemadmodum sol iridem effingit in nube aquea, idem quoque interdum facit luna plena, si nempe eaedem concurrant conditiones, quae in solari iride postulantur. Id solum interest, quod iridis lunaris colores multo languidio-

res sint ob luminis lunaris vim multo debiliorem. Iridis phaenomena hactenus explicavimus ea, quae nobis conceditur, doctrinae facilitate. At uberior explicatio difficiliora requireret principia. Ex demonstratis id saltem evidens est, iridis phaenomena omnino pendere ex diversa radiorum refrangibilitate. Fig.

Porro ex iis, quae diximus, intelligere licet, iridem primariam omnino evanescere, si altitudo solis supra horizontem maior fuerit 42°. Etenim in hoc casu recta *EM* ra- 33.
diis solaribus parallela cum horizonte infra efficit angulum 42° maiorem, ideoque linea *DE*, quae cum recta *EM* efficere debet angulum 42°, est infra horizontem ita, ut radius *ED* superficiei terrestri occurrat et ad oculum non pertingat. At si altitudo solis maior sit 42°: minor autem 54°, iridem secundariam videre possumus, evanescente primaria. Porro ex angulorum magnitudine facile colligitur, utramque iridem situ contrario positam esse, ut antea monuimus. Nempe in iride primaria color rubeus supra, violaceus autem infra conspicietur, et contra in iride secundaria, et ita alii colores intermedii oppositum ordinem servabunt. Si tellus esset tamquam punctum, vel si esset adeo parva, ut liceret nobis ea videre, quae latent sub horizonte, utramque iridem primariam scilicet et secundariam conspiceremus integram. Recta linea a sole ad centrum iridis

circularis ducta perpendicularis esset ad planum iridis, et per spectatoris oculum transiret. Itaque in hac hypothesi iris nihil esset aliud, quam corona variis coloribus distincta, eaque foret basis duplicis coni recti, quorum unius vertex esset sol, alterius autem oculus spectatoris *. At iris, quam in coelo spectamus, pars est aliqua huius coronae, quae eminet supra horizontem loci. Horizon enim in causa est, ne reliqua pars exsistat, ac proinde ut corona mutila conspiciatur. Hinc intelligitur, quare arcus coelestis modo maiorem, modo minorem circuli portionem referat. Illius siquidem magnitudo pendet ex parte superficiei conicae supra telluris superficiem eminente, dūm iridem conspicimus. Haec autem portio maior est vel minor pro maiori vel minori lineae *EM* ad telluris superficiem obliqüitate. Haec obliquitas crescit pro maiori solis altitudine supra horizontem, ac proinde decrescit coelestis arcus amplitudo. At semicirculo maiòr esse non potest iridis magnitudo. Etenim sol sub horizonte latens conspicuus non est, et coelestis arcus centrum semper est in linea *EM*, sed sole exsistente in ipso horizonte, praedicta linea

* *Sed duo coni illorumque axes coincidunt; quum duae parallelae* SX, EM *relate ad distantiam solarem coincidere etiam concipiantur.*

terram radit ; ergo numquam supra telluris superficiem eminet. Si tamen spectator in altissimo monte fuerit constitutus, tunc linea *EM*, in qua iacet iridis centrum, magis attolletur supra horizontem, ideoque iridis arcus semicirculo in hoc casu maior observabitur.

Praeterea si pluvia spectatori vicinior sit, iam minoris amplitudinis erit basis coni, in cuius vertice positus est oculus ; ac proinde arcus tanto minor apparebit, et contra. Si pluvia desinat ex parte dextera, videbitur tantum pars arcus sinistra. Cessante pluvia ex parte sinistra, sola pars arcus dextera spectabitur : denique cessante pluvia intermedia, conspicua tantum erunt arcus crura. Antequam obiectiones proponamus, et hanc doctrinam nostris responsionibus confirmemus, praetermittendum non est, quid per radios *efficaces* intelligant physici. Considerant nempe parallelos solis radios in guttam aqueam incidentes. Ex hoc radiorum fasciculo aliqui in gutta refracti ad idem guttae punctum concurrunt, postea reflexi, et iterum refracti e gutta exeunt paralleli. Quoniam radii illi sunt valde proximi, vi satis magna oculum percellunt, si ad illum possint pertingere, et ideo dicuntur *efficaces*. At radii alii nimis divergentes tanta vi non agunt in oculum, ut vividos colores, quales in iride observantur, possint excitare, et ideo radii

illi vocantur *inefficaces*. De radiis efficacibus praeclara quidem theoremata cum insignioribus geometris possemus demonstrare. Sed ex his, quae hactenus explicare licuit, satis patet conclusionis propositae et newtonianae doctrinae veritas.

SOLVVNTVR OBIECTIONES.

Obiect. 1. adversus 1. partem. Newtonianam doctrinam evertere omnino videntur accuratissima experimenta. Si filum diversis partibus tinctum duplici colore, rubro nempe et caeruleo, inermi oculo contemplemur, omnes fili partes, diversis licet coloribus pictae, *in directum* apparent. Quod non contingeret, si radii diversam haberent refrangibilitatem. Praeterea solertissimus naturae indagator Mariottus in distantia pedum circiter 30 colorem violaceum, qui maius quam trium linearum spatium occupabat, per rimam duarum circiter linearum traiecit, et prismate alio valde obliquo excepit. Id autem se observasse profitetur, quamdam scilicet huius coloris partem in colorem caeruleum et rubrum fuisse mutatam. His positis sic argumentantur: quidquid de coloribus suis experimentis demonstratum confidunt newtoniani, ad duas potissimum revocatur radiorum proprietates, nempe diversam illorum refrangibilitatem, atque immutabilitatem

atqui utramque proprietatem lumini detrahunt Fig.
obiecta experimenta; ergo nulla datur radiolorum propria refrangibilitas. Resp. N. min. Experimenta illa carent ea diligentia et dexteritate, quae in re subtilissima sunt omnino necessariae. Et quidem quod spectat ad primum experimentum, diligentiori manu hoc modo iterandum est. Sumatur nempe chartae plagula *CI*, eaque linea transversa ad perpendiculum ab uno latere ad alterum du- 34.
cta, in duas aequales partes media dividatur; harum una *C* colore rubro, altera *I* caeruleo inficiatur. Expedit porro, ut colores, quibus illinitur charta, largi sint ac saturi. Tum vero plagula sic infecta ad fenestrae operculum firmatur ita, ut vivido lumine illustrari queat. Si per prisma *A* sic inspiciatur charta, ut refractione altius attolli videatur; dimidia eius pars *I*, quae est colore caeruleo infecta, altius videbitur attolli quam *C*, quae rubra est. Si autem ita convertatur prisma in *B*, ut charta refringendo descendere videatur; tum caerulea pars *I* aliquanto inferius, quam rubra *C* demitti videbitur. Hoc quidem experimento coloris rubri et violacei diversa refrangibilitas omnino evincitur. Quod ad alterum spectat experimentum, perfectam colorum separationem in prima refractione desiderari certissimum est, nempe cum violaceo colore aliquod aliud peregrinum lumen permixtum fuit, quod secunda refra-

ctione esse prodidit. Et quidem maxima imaginis pars colorem suum constanter retinuit, et praeterea lumen illud, quod inexpectatum colorem retulit, unum ex septem primitivis coloribus exhibuit. Hanc esse huius eventus causam, ostendit Newtonus, dum anno 1716 idem experimentum omni adhibita diligentia iteravit coram societate londinensi, vocatis quoque exteris testibus plurimis, qui experientiae fidem facerent. Quid autem in capiendis hisce experimentis observari et caveri maxime debeat, breviter monebimus.

Immisso solis radio per exiguum rotundumque foramen in cubiculum tenebrosum, intervallo circiter decem duodecimve pedum a fenestra collocare oportet lentem optimae notae, qua foraminis imago in charta ultra lentem sita distincte depingatur. Statim ac ex imagine, quae accurate rotunda esse debet, agnoscitur, lentem debita positione donatam esse; proxime post lentem prisma interponitur, quo lumen traiectum refringatur, vel sursum vel in latus. Vt autem imago, quae ex rotunda in oblongam mutabitur, nitida sit et parallelis inter se lateribus definita; chartam, qua imago excipitur, ultro citroque movere praestabit, donec charta et prisma iusto inter se spatio distent, et rectilinea imaginis latera maxime distincta appareant. In capiendo experimento id curan-

dum est diligenter, ne lumen peregrinum a parietibus reflexum sese imagini oblongae immisceat, eamque interturbet. Quare plurimum proderit, cubiculi parietes nigris pannis aut peristromatis integere. Porro illud omnino praetermittendum non est, quod plurimis dedit errandi occasionem. Si nempe foramen sit adeo amplum, ut radii in prisma incidentes magnam illius faciei partem occupent, iam diversa colorum fila a se invicem non satis recedunt, nisi magna sit chartae a prismate distantia: in extremis dumtaxat columnae solaris limitibus colores videntur saturi et puri, violaceus nempe ac rubeus, in medio autem color albus ex colorum omnium permixtione conflatus. Si vero sensim removeatur charta, vel imminuto foramine contrahatur imago, in utroque casu incipiunt apparere prope rubeum flavus, prope violaceum caeruleus, primum quidem dilutiores, deinde magis saturi, donec demum viridis in medio exsurgat, et omnia colorum fila nitide separentur. Praeterea angulus prismatis satis magnus esse debet, ut nempe sub magna obliquitate in superficiem refringentem lux incurrat, et ita validius refringatur. Etenim ex demonstratis de angulo incidentiae et refractionis manifestum est, quid angulus prismatis ad colorum separationem conferat. Atque hinc etiam patet, cur in vitris per binas superficies planas parallelas termi-

natis, licet habeatur refractio; ipsa tamen colorum divisio nequaquam fiat oculis conspicua. Tandem si vitra adhibeantur aëris bullulis foeda, vel non eiusdem homogeneae densitatis, minus feliciter succedit experimentum. Si autem obtineri nequeant prismata, quae huiusmodi experimentis capiendis idonea sint, quae scilicet arenae granulis bullisque aëris penitus careant; satius erit, loco prismatum, vasis uti, et confractorum speculorum partibus in foramen prismatum, conclusa intus aqua pluvia, compactis, atque ad augendam refractionem aquam sacchare saturni copiose imbuere. Si lumen ita separatum vel mediante convexa lente contrahatur, vel alteri prismati subiiciatur, in utroque casu invariati omnino manebunt colores.

Obiect. 2. Certissimum est, praeter septem colores ex unico solari radio enatos, infinitam propemodum exsistere colorum varietatem. Ex septem coloribus primitivis componi possunt alii colores innumerabiles. Porro si exsistant dumtaxat colores septem, iam colores alii quilibet apparentes dumtaxat essent, et meri oculorum errores, quod absurdum videtur; ergo praeter septem colores a prismate separatos innumeri alii colores exsistunt. Resp. N. cons. Ex praecedenti obiectione hoc unum colligi potest, duplex distinguendum esse colorum genus. A-

lii nempe colores sunt *primitivi* et *simplices*, qui componuntur ex radiis constanti refrangibilitatis gradu praeditis. Tales sunt colores septem ex radii solaris divisione et, ut ita dicam, *anatome* oriundi. Alii autem colores sunt *secundarii*, ex coloribus primitivis permixti. Componi quidem possunt colores primigeniis coloribus similes, quod ad ipsum coloris *gradum* et *tonum*, non vero quod ad ipsam immutabilitatem, quod quidem demonstrant recensita prismatis experimenta. Et re ipsa si diversorum colorum pulveres inter se misceantur, colorem alium oculis exhibent. At si colorem compositum exquisito microscopio contemplemur, varias colorum partes facile distinguemus.

Obiect. 3. Colorum varietatem ex diversa corporum textura omnino pendere, ostendunt sumta in minimis corporum lamellis experimenta. Si ex sapone aqua permixto minimae bullulae excitentur, singulorum colorum radios transmittere observantur lamellae illae ad certos usque crassitiei limites: deinde aucta crassitie radios caeruleos primum reflectunt, deinde virides, flavos et rubeos. Aucta magis crassitie, radios caeruleos, virides, flavos et rubeos, sed tantisper permixtos exhibent. Tandem radios omnes ita simul compositos reflectunt, ut inde color albus nascatur. Si tenuissimarum lamellarum crassities crescat secundum progressionem numerorum

naturalium 1, 2, 3, 4, 5 cet. ceteris paribus, primaque lamella colorem homogeneum reflectat, hunc transmittet lamella secunda, tertia lamella hunc eumdem colorem rursus reflectet, et ita deinceps; lamellae scilicet, quarum crassities sunt ut numeri impares 1, 3, 5, 7 cet. eosdem radios reflectent, quos transmittent lamellae aliae, quarum nempe crassities crescit in ratione numerorum parium 2, 4, 6, 8 cet. Hinc colorem *primi ordinis* appellant physici colorem homogeneum, cuius singulos radios lamella aliqua reflectit. At in lamella, cuius crassities est triplo minor, color *ordinis secundi* dicitur, in lamella autem, cuius crassities est quinquies minor, *tertii ordinis* color appellatur. Color primi ordinis est omnium vividissimus, atque ita ex ordine crescit colorum intensitas. Quo minor est lamellae crassities, ceteris paribus, eo maiorem reflectet lucis copiam ad certos usque limites, ultra quos nullam reflectet lucem. At quo maior est lamellae crassities, eo plures reflectuntur colores, atque etiam pro varia oculi positione color aliquando variare observatur; in aliis autem casibus permanere. His praemissis experimentis sic concludere licet. Ex diversa radiorum refrangibilitate non pendet colorum varietas, quae ad diversam corporum texturam referenda omnino videtur; atqui ex diversa corporum textura diversa radiolorum refran-

gibilitas pendere videtur ; ergo falsa est conclusio. Resp. N. min. Doctrinae hactenus explicatae nihil repugnat proposita obiectio. Et certe non negamus, ex diversa corporum textura pendere colorum varietatem , semper tamen manet diversa atque interna radiorum refrangibilitas et reflexibilitas , quum eadem manente corporis textura , varias refractiones et reflexiones patiantur radii. Haec , quae obiicitur , colorum reflexio et transmissio per tenues lamellas , *accesus facilis reflexionis, et facilis transmissionis* a Newtono appellatur. Huius denominationis ratio patet ; quum lamellae lucis radios per vices reflectant atque transmittant. Quamvis autem experimenta illa newtonianam doctrinam non labefactent , quin potius confirment ; fatendum tamen est , illorum explicationem ea munitam non esse perspicuitate , quae rerum physicarum aequis aestimatoribus satisfacere , nullamque dubitationem relinquere possit. Haec enim experimenta cum intima lucis corporumque natura coniungi videntur , ac proinde certiorem desiderant de luminis corporumque natura cognitionem , et fortase semper desiderabunt. Adferemus tamen , quod a newtonianis probabilius creditur.

Exper. Si duo vitra sibi invicem apprimantur , quae sint maioris sphaerae segmenta , aër his duobus vitris comprehensus tenuissimum veluti discum efformat , cuius eadem non est ubi-

que crassities. In puncto contactus, ubi crassities haec nulla est, macula nigra apparet, circa quam observantur annuli plurimi diversis coloribus tincti et annulo albo a se invicem separati. Vt autem experimentum illud, quod ad rem praesentem pertinet, probe intelligatur, de lamellarum corporumque pelluciditate aliquid observandum est. Tenuissimae quorumlibet corporum lamellae pelluciditatem demonstrant, si radiis solaribus obiiciantur, vel microscopio conspiciantur. Quotidiana notum est experientia, pelluciditate sua privari fluida, ubi in spumam abeunt. Spuma autem constat aëris bullulis tenuissimo liquoris velamine obductis. Igitur dum fluida spumescunt, in iis propriae materiae partes minus voluminis occupant, quam meatus iisdem partibus intercepti atque aëre turgentes. Quapropter corpora ex pellucidis opaca fiunt, si eorum meatus rariori materia oppleantur.

Hoc ipsum deprehenditur in corporibus solidis. Sumatur nempe vitri frustum, cuius crassities sit duorum circiter pollicum, aliaque subtiliora frusta sibi invicem superimponantur ita, ut massam efforment eiusdem ac illud crassitiei. Si trans frustum prius conspiciatur, itidemque trans massam ex duobus, aut pluribus vitreis frustulis compositam, illud hac pellucidius apparebit. Porro hoc unum inter utrumque vitrum discrimen oc-

currit, nempe vitrum solitarium nullo aëre interrumpitur; at massa ex frustis compacta aërem intercipit. Si frustula vitrea sibi invicem apposita glutine aliquo iungantur ita, ut inter ipsa aliquid aquae irrepere valeat, et adgregatum istud aquae immergatur, longe pellucidiora videbuntur frustula illa, quam dum aër interiacebat. Quum ergo corpora ideo fiant pellucidiora, quod illorum interstitia occupet materia, cuius densitas ad propriam densitatem accedit; ea est probabilissima et fere demonstrata pelluciditatis causa. Si nempe tenuissimae corporum lamellae ita sint inter se dispositae, ut in illarum interstitiis nullae vel saltem paucissimae fiant reflexiones et refractiones, iam corpora erunt pellucida. At si lamellarum interstitia materiam contineant heterogeneam ita, ut lucis radii reflexionibus et refractionibus plurimis torqueantur atque debilitentur, corpora fiunt opaca.

Haec autem experimenta newtonianam de lamellarum coloribus doctrinam apprime confirmant. Etenim intelligamus, minimas lamellarum particulas lamellasque ipsas medio aliquo a se invicem esse separatas; illius autem medii densitas ab ipsa lamellarum densitate magis minusve differt. Iam vero demonstratum est, lucis refractionem et reflexionem pendere ex corporis refringentis et reflectentis vi attractiva, atque ex diversa radiorum

refrangibilitate. Itaque ex his causis generatim intelligere licebit, varia per tenuissimas lamellas colorum phaenomena pro varia particularum crassitie mediique densitate et vi refringente. Colores nempe pro diversis conditionibus diversi aut etiam omnes et saepe nulli reflectentur vel transmittentur. Haec autem colorum phaenomena, quae constantissima omnino observantur, tribui certe non possunt fortuitae alicui causae, quales forent irregularis atque mutabilis partium dispositio, variabiles atque inconstantes in aëre et aethere motus, aut aliae huiusmodi conditiones sine ulla lege. Etenim si radii omnes eamdem haberent refrangibilitatem, ¿qua ratione explicari posset coloris albi in varios colorum annulos dispersio summe regularis? Numquam certe intelligi poterit, cur, ceteris paribus, eo magis vividus atque homogeneus appareat color, quo tenuiores sunt particulae. Cur praedictae particulae crassitiem omnium maximam habeant, si corpus fuerit rubrum, et omnium minimam, si violaceum. Cur tandem in quibusdam corporibus constantes sint colores, in aliis autem pro diverso oculi situ variabiles. At haec omnia generali saltem ratione intelligi possunt, si primigenias et immutabiles in radiis admittamus dispositiones, quibus fit, ut eosdem semper datos colores producant. Itaque diversae colorum mutationes tribui non debent physicae alicui varia-

tioni in radiis lucis per refractionem aut reflexionem productae, sed diversae radiorum permixtioni vel separationi, quae ob diversam illorum refrangibilitatem vel reflexibilitatem diversae sunt. Nec difficilius explicatur, quare colores aliqui pro vario oculi situ mutabiles appareant. Etenim quamvis in plerisque corporibus lamellarum densitas ipsam superet medii circumiecti densitatem, aliquando tamen fit, maiorem esse densitatem medii. Atque in hoc casu, ob maiorem medii vim refringentem, radii oblique incidentes magis recedunt a perpendiculari, ac proinde ob maiorem in motu luminis mutationem, pro mutata oculi positione, colorem quoque mutari necessum est. Ea de causa repetendum est, cur pavonum caudae nonnullique bombycini panni et alia corpora plurima pro diverso oculi situ diversum exhibeant colorem.

Ex iisdem principiis pendent corporum naturalium colores. Etenim corporis cuiuslibet colorati superficies potest considerari tamquam composita ex lamellis pellucidis, quae certam habent crassitiem, et medium etiam datae densitatis intra poros admittunt. Igitur quaecumque dicta sunt de minimis lamellis, de ipsis quoque corporum quorumlibet superficiebus intelligi possunt. Nempe corpora eum demonstrant colorem, cuius radios maiori saltem copia reflectunt; vel potius huius viden-

tur coloris, qui ex radiorum reflexorum mixtura componitur. Si vero neque reflectant radios, neque transmittant, sed omnes vel fere omnes absorveant, colore nigro inficiuntur. Haec quidem sunt, quae generatim ostendi possunt de lamellarum corporumque coloribus. Verum pro meris coniecturis atque hypothesibus haberi debet, quidquid de minimarum particularum densitate et constitutione definire audent nonnulli. Et re quidem ipsa Newtonus, qui demonstrationis severitatem in rebus etiam physicis summo studio quaesivit, ex corporum naturalium coloribus particularum componentium crassitiem probabiliter tantum investigandam proponit. Et certe corporum particulas tenuesque lamellas, eadem manente densitate, eosdem exhibere colores, mera est coniectura.

Sed quidquid sit, certum omnino est, colores in corporibus non esse. Si exscindantur aliquae taleolae ex ligno *nephritico*, quod caerulei coloris est, eisque in vase adfundatur aqua putealis pura ac limpida, extrahitur color, qui singularis omnino indolis esse videbitur. Oculo inter fenestram et poculum posito color apparet intense caeruleus minimeque perspicuus; tinctura autem inter poculum et fenestram collocata perspicuus et ruber color pulchre splendet, dummodo tinctura sit satis crassa, ut colorem praeseferat valde saturum. Sed si tenuior fuerit atque

dilutior, colorem caeruleum staturum conspiciemus. Si eadem tinctura solaribus radiis illustretur, caeruleus eius color vividior evadit, et in viridem degenerat, si crassa est tinctura. Prope poculi oram apparet *viride maris*, et quum sol in tincturam desuper radios emittit, tota eius superior superficies viride maris refert. Ex parte caerulea opaca est tinctura; ex alia vero, quae rubra est vel flavocaerulea, pellucida deprehenditur. Quomodocumque vertatur poculum, et quavis positione donetur, semper caeruleus color ibi apparet, ubi tinctura solari lumine illustratur, illudque reflectit; ruber vero vel flavocaeruleus huic poculi lateri adhaeret, quod transitum luci permittit. Iucundum propterea oculis spectaculum praebet globus vitreus tinctura ligni nephritici plenus, si noctu ante candelam accensam statuatur et in omnes partes manu versetur. Etenim si globulus circumagatur, simul ac rubeus color apparet, repente caeruleus aut viridis marinus in conspectum veniet, evanescente penitus rubro. Si nephritica tinctura pallida luce illustretur, color caeruleus multo dilutior apparet quam quum ipsa intenso lumine coruscabat. Itaque quoniam tinctura caerulea apparet per radios reflexos, rubra autem vel flavocaerulea per radios transmissos seu refractos; necesse est, ut aliud lumen reflectatur, aliud refringatur. Quare quum color

ex lumine reflexo aut refracto oriatur, tincturae ingenitus esse nequit. Quia tamen non quodlibet materiae genus eo modo lumen reflectit vel refringit, quo solet tinctura nephritica; tenendum omnino est, singulare aliquid tincturae inesse, vi cuius peculiaris illa reflectendi ac refringendi proprietas ei et non aliis corporibus competat. Id autem experimento confirmatur. Nephritica tinctura ex illa etiam parte, quae a lumine aversa est, caerulei coloris apparet. At si aliquod olei vitrioli vel etiam spiritus vitrioli vel denique aquae fortis guttulae tincturae adfundantur, caeruleus color statim evanescit, et aureum colorem tinctura adquirit, quem sive per radios reflexos sive per transmissos visa constanter refert. Notum est, tria fluida memorata *corrosiva* esse, unde partes ligni nephritici, quae aquae colorem impertiunt, in alias multo minores particulas frangere valebunt, si tincturae instillentur. Hac divisione fit, ut figuram aliam aliamque magnitudinem adsequantur, ideoque per aquae interstitia sese vario ordine distribuant. Quapropter manifestum evadit, vim refringendi luminis una cum colore in fluida immutari, dum eius particulae diversa magnitudine, figura ac positione donantur. Innumera suppetunt huiusmodi experimenta, quae non solum confirmant doctrinam newtonianam, verum etiam in arte pictoria et tinctoria uti-

litatis maximae esse possunt. Qua de re legi debet Boërhaavii chemia. Sed utilitates illas persequi non sinit praescripta brevitas.

Obiect. 4. Diversa radiorum refrangibilitas tribuenda esset vel diversae radiorum massae vel diversae illorum velocitati; utrumque autem caret verisimilitudine. Re quidem vera, si radiis rubris maior adfingatur massa, iam vis refringens minus illos agit, et inde intelligi posse videtur, cur radii rubri minus refringantur. Simili ratione, si minorem massam habeant radii violacei, magis cedere debent vi refringenti, ideoque sunt magis refrangibiles. Haec quidem ita se habere, sibi quis persuadere posset, sed facilius. Etenim corpus quantumvis magnum vel exiguum, eadem velocitate proiectum, eamdem parabolam describit, ut notum est ex demonstratis in physica generali; ergo a pari nullam diversam refrangibilitatem inducere debet diversa radiorum massa, quae quidem minima omnino est et fere infinite parva, si conferatur cum medio refringente. Superest igitur, ut diversa refrangibilitas in diversam radiorum velocitatem referatur. Verum haec hypothesis gravissima et insuperabili premitur difficultate. Etenim in eclipsibus, ubi planeta emergit ex umbra, radii, quorum velocitas maior est, primum apparerent, nempe rubri, et tardius omnium violacei. Tandem permixtis radiis sese conspicuum prae-

beret color albus, quod repugnat phaenomenis. His positis sic concluditur: admittenda non est illa diversa refrangibilitas, quae nulla hypothesi potest explicari; atqui diversa radiorum refrangibilitas nulla hypothesi explicari potest; ergo admittenda non est. Resp. neg. mai. et min. Vbi factum aliquod certissime constat, non ideo negandum est, quia nos latet facti ratio. Neque eos imitari volumus audaciores viros, philosophorum nomine plane indignos, qui omnia explicare tentant, et quos pudet in difficilioribus etiam quaestionibus suam, silentio saltem, fateri ignorantiam. Verum quod spectat ad refrangibilitatis causam, eam tribui aperte non repugnat diversae radiorum massae et naturae ita, ut diversa evadat attractio, ac proinde refractio. Sed diversam refrangibilitatem diversae radiorum velocitati tribuendum esse, longe probabilius est. Illi enim radii, qui maiorem habent velocitatem, magis resistunt vi refringenti, et contra facilius cedunt, qui minori donantur velocitate. Nec valet proposita difficultas de colorum separatione in eclipsibus minime conspicua. Etenim quum planeta observari non possit, nisi pars eius aliqua ex umbra emerserit, fieri potest, ut tempore, quo pars illa ex umbra emerserit, radii omnes ad oculum iam pervenerint. Ex data radiorum refrangibilitate velocitatum rationem in hac hypothesi determinant geometrae, atque

velocitatis differentiam in radiis rubris et violaceis inveniunt $\frac{1}{41}$ circiter. Quae differentia, si transferatur ad satellitum iovialium eclipses, ad minuti unius intervallum reducitur inter radiorum rubrorum et violaceorum appulsus ad oculos. Iam vero si conferamus temporis differentiam, quae ex ipsa organi constitutione inter duos observatores oritur, manifestum erit, fieri omnino posse, ut satelles non fiat conspicuus, nisi post radiorum omnium appulsum ad oculos. Praeterea uno temporis puncto haec colorum separatio permanet, radiique minus refrangibiles ita citissime cum aliis proxime magis refrangibilibus miscentur, ut acutissimo quidem oculo discerni non possint colores separati. Quae quum ita sint, patet, diversae radiorum refrangibilitati satisfacere posse diversam eorumdem velocitatem. Neque repugnat, radios inter se differre tum massa tum velocitate.

Ad praesentem doctrinam pertinent difficillima criystalli islandicae phaenomena. Est crystallus islandica lapis pellucidus et fissilis, figuram habet certam et constantem, quae est fere parallelepipedi obliqui lateribus sex parallelogrammis, et octo angulis solidis terminati. Porro illud est in crystallo islandica mirabile, quod radius quilibet in hanc crystallum incidens duplicem patiatur refractio-

nem. Si enim huius lapis fruſtum libro typis impreſſo imponatur, litterae ſingulae trans cryſtallum iſtam gemina refractione videntur binae. Praeterea ſi luminis radius in quamlibet cryſtalli islandicae ſuperficiem incidat, vel ad perpendiculum vel ſub quovis angulo obliquo, confeſtim is dividitur per geminam huiusmodi refractionem in duos radios, quorum quidem radiorum uterque retinet colorem radii incidentis. Duarum autem iſtarum refractionum altera eo modo efficitur, quo ex uſitatis legibus fieri debet, nimirum ſinus incidentiae ex aëre in cryſtallum eam habet rationem ad ſinum refractum, quem habet numerus 4 ad numerum 3. Altera vero refractio, quae *inuſitata* appellatur, lege prorſus diverſa efficitur. Planum, in quo iacent radius perpendiculariter incidens et radius lege inuſitata ab eo diviſus, *planum refractionis perpendicularis* appellatur a Newtono. Has easdem leges ſervant radii, ubi ex cryſtallo emergunt. Radius nempe, qui in prima ſuperficie refractionem *uſitatam* vel *inuſitatam* ſubiit, per alteram ſuperficiem uſitata quoque vel inuſitata lege refringitur, ſic tamen ut radius incidens et uterque radius emergens ſint paralleli inter ſe. Si duo cryſtalli fruſta ſibi ſuperimponantur ita, ut utriusque cryſtalli ſuperficies ſint accurate parallelae; radii lege uſitata vel inuſitata per primam ſuperficiem refracti, eadem quoque uſita-

ta vel inusitata lege per alteram superficiem refringentur. Atque eadem contingunt phaenomena, quaecumque sit mutua superficierum inclinatio, dummodo refractionum perpendicularium plana sint accurate parallela.

Ex his experimentis concludit Newtonus, congenitam quamdam esse in radiis luminis differentiam, qua fit, ut in praedicto experimento radii alii perpetuo refringantur ratione usitata, alii autem perpetuo ratione inusitata. Etenim si differentia ista non esset congenita, sed oriretur ex novis *modificationibus*, ea, quae imprimeretur, radiis modificatio in prima refractione, utique in tribus sequentibus modificationibus, aliis nempe refractionibus, immutaretur, quae quum nihil variet, sed eadem perpetuo maneat, patet, inusitatam refractionem pendere ex congenita quadam radiorum proprietate. Itaque censet, vel potius coniectatur Newtonus, radiorum luminis diversa esse latera diversis proprietatibus praedita, prout ad crystalli latera diversimode convertuntur. Id exinde colligit, quod si planum perpendicularis refractionis secundae crystalli positum sit ad angulos rectos cum plano perpendicularis refractionis primae crystalli; radii, qui in transitu primae crystalli refringebantur ratione inusitata, iidem omnes in transitu secundae refringantur ratione inusitata. Inde autem infert, non esse duos radios inter se

natura differentes, quorum alii perpetuo et in omni positione refringantur ratione usitata, alii autem semper et in omni positione refringantur ratione inusitata. In hoc enim experimento unus idemque radius refringitur nunc ratione usitata, nunc vero ratione inusitata, prout eius latera uno vel alio modo ad crystalli latera sunt conversa. Sed hae merae sunt coniecturae. Diversam radiorum refrangibilitatem demonstrasse satis sit. Quia vero secunda quaestionis pars de iride ex prima omnino pendet, nihil est, quod adversus partem alteram amplius obiiciatur.

* Hughenius et Newtonus adfirmaverant, in crystallo montana, non secus ac *in* crystallo islandica, duplicem fieri refractionem, hoc solum facto discrimine, quod refractionum differentia minor sit in prima crystalli specie. Verum quod generatim adfirmaverant duo illi summi viri, aliqua explicatione et limitatione indiget. Notum est observationibus, crystallum montanam constare ex minimis lamellis, quae crystalli faciebus atque axi sunt parallelae. Sumatur purissimum crystalli huius frustum, et dividatur in diversa prismata triangularia, et aequilatera, quorum facies respectu lamellarum et axis sint diversimode positae. Deinde obiecta per diversos prismatum illorum angulos conspiciantur, observabitur, obiecta modo unica, modo autem duplicia apparere, his quidem conditio-

tibus. Si radius lucis transiens per crystallum montanam incidat in planum axi et lamellarum plano normale, hic duas patitur refractiones, in duas partes dividitur, duasque imagines distincte exhibent. At si directio radii ad parallelismum accedat, minuitur imaginum distinctio, donec tandem, radio manente lamellis et axi parallelo, unica sit refractio et unica imago. Haec observatio, quae debetur clariss. viro P. Beccaria, magnas sane in rebus opticis utilitates habere potest. Si enim telescopiorum lentes ex crystallo montana compararentur, distinctae visioni nocere vel prodesse plurimum potest vitrorum diversa sectio *.

Nec tamen ab instituto nostro alienum erit, si heic, data occasione, interpretemur versiculum *13. cap. 9. Geneseos*, ubi Deus arcum coelestem in nubibus tamquam foederis signum se ponere significat: *arcum meum ponam in nubibus, et erit signum foederis inter me et inter terram.* Variae adferri solent horum verborum interpretationes. Alii existimant, arcum coelestem diluvio antiquiorem non esse, et vim refringentem aquae digito Dei fuisse suspensam. Putant alii, ante diluvium nihil pluisse. Ex praecedentibus

* *Quae duobus asteriscis includuntur, ab editione romana recentissima delevit Auctor.*

Fig. demonstrationibus colligere etiam possent interpretes, in certis dumtaxat circumstantiis pluviam cecidisse; ut enim conspicuus sit arcus coelestis, necessariae sunt certae conditiones. At probabilius sentiunt, qui, immensum divinae omnipotentiae spatium curiosius scrutari non praesumentes, sacrae scripturae verba ita explicant, ut arcus coelestis pluviae signum naturale foederis signum supernaturale et divinae bonitatis testimonium a Deo fuerit institutus. Ita *Genes. cap. 31.* lapides, qui nullum speciale signum repraesentant, foederis testimonium fiunt inter Iacob et Laban: *tulit itaque Iacob lapidem, et erexit illum in titulum.*

APPENDIX.

De quibusdam capitis praecedentis utilitatibus.

I.

Telescopiorum utilitatem nemo ignorat, quum obiecta longius remota distincte nobis exhibeant, iisque proinde tota innitatur astronomia. *Telescopium astronomicum* est huiusmodi.
35. Constat ex lente *PQ* oculo proxima, quae ideo *ocularis* appellatur. Haec autem vel utrimque convexa est, vel ex una tantum parte. Ita vero posita est lens illa, ut illius focus *o* cum foco vitri *MN* concurrat.

Illud autem vitrum vocatur *obiectivum*. Sed focus ille communis inter utrumque vitrum occurrit. Ex hac constructione evidens fit, radios ex puncto aliquo O obiecti remotissimi OB emanantes per vitrum obiectivum refractos, sese intersecando convenire in foco, ibique imaginem o puncti O exarare. Porro radii ex puncto remotissimo exeuntes, ut AD, tamquam paralleli considerantur, et praeterea punctum O locatum fingitur in recta per vitrorum centra transeunte KD, quae ideo telescopii *axis* appellatur. His positis, iam imago puncti O considerari potest tamquam obiectum in foco lentis ocularis PQ collocatum. Ac proinde radii, qui obiectum illud repraesentant, in lentem ocularem incidentes, paralleli deinde debent emergere, atque eo densiores sunt radii illi, quo minor est foci distantia in vitro oculari, quam in obiectivo. Quare radii illi eo vividiorem in oculo pingere debent imaginem, quo maior erit vitri obiectivi superficies, pro maiori scilicet radiorum admissorum copia. Manifestum etiam est, in qualibet a vitro oculari distantia, dummodo tamen oculus in radiorum parallelorum ex oculari emergentium directione sit constitutus, eadem perspicuitate sese conspicuam praebere obiecti imaginem, quam radiorum fasciculus formavit in obiectivi et ocularis foco communi. Praeterea radii paralleli ex obiecti OB extremitate B emanantes

eiusdem puncti imaginem formare debent in *b* prope focum *o*. Deinde per lentem ocularem refracti exire debent paralleli, sed eo magis ad axem *AF* inclinati, quo maior est ocularis curvatura ita, ut radiorum illorum fasciculus communi vitrorum axi in foco ocularis *F* occurrat. Quare ut totam obiecti imaginem *ob* oculus videre possit, ipsum locari necessum est in puncto *F*, in communi nempe intersectione fasciculorum omnium, quos formant radii ex singulis imaginis *ob* vel obiecti *OB* punctis emanantes, Ex his patet, obiecti *OB* imaginem situ inverso apparere; quum illius imago *ob* trans lentem ocularem visa positionem babeat ipsius obiecti positioni oppositam. Nempe extremitas *b* videtur per radios in parte superiori ab axe recedentes; punctum autem *B* per radios ab axe aberrantes in parte inferiori. Itaque telescopii *campus*, ut vocant, sive spatium totum, quod oculus debito loco positus videre potest, maxime pendet ex magnitudine spatii totius versus *ob*, cum oculus in puncto *F* constitutus videre possit singula puncta, quorum imago est in foco vel prope focum lentis ocularis. Praeterea si obiectum magis ac magis ad obiectivum accedat, magis ab eo recedit imago, ac proinde augeri debet distantia lentis ocularis, ut nempe imago semper in foco maneat. Igitur pro maiori vel minori obiectorum distantia

ipsam quoque vitrorum distantiam mutari oportet. Simili ratione si myopum vitio laboret, qui telescopio utitur, minuere debet obiectivi et ocularis distantiam, nempe ocularis versus imaginem *ob* promoveri debet, ut eadem imagine inter ocularem illiusque focum constituta radii in hoc vitrum incidentes exeant divergentes.

In telescopio astronomico obiecta situ inverso apparent. Verum additis duabus aliis lentibus, quae etiam *oculares* dicuntur, imagini situs rectus restituitur, et telescopium rebus terrestribus contemplandis accommodatur. Lentes quattuor communem habent axem, illarumque foci hinc et inde *respective* concurrent. Iam radii ex puncto valde remoto, quod in telescopii axe locatum fingitur, emanantes, per vitrum obiectivum refracti sese intersecant, et in foco, ut iam diximus, puncti imaginem delineant. Hinc in alteram lentem ocularem incidentes exeunt paralleli, deinde in alteram ocularem incidunt, et ex ea emergunt ad focum convergentes, ibique alteram efformant puncti imaginem. Tandem in ultimam ocularem incidentes exeunt deinde paralleli, ac proinde in oculo vividam repraesentant obiecti imaginem. Quod autem diximus de obiecti puncto aliquo, idem intelligi potest de puncto quolibet alio. Porro ex radiorum directione patet, obiecti imaginem rectam esse, seu eamdem ac ipsum

Fig. obiectum positionem habere. Haec omnia manifesta sunt *ex demonstratis art. III.*

Eadem omnino ratione explicatur micro-
36. scopiorum vis. Sit *MN* lens utrimque convexa, et eo situ positum sit obiectum *OB*, ut lentis focus coincidat cum puncto *O*. Radii ex hoc puncto emanantes et per lentem refracti deinde emergunt paralleli, ac proinde puncti *O* imaginem vividam exhibent. Punctum *B* eiusdem obiecti ita est axi proximum, ut in foco locatum fingi possit, ac proinde emittit quoque radios physice parallelos, sed ad ipsum axem *ωu* eo magis inclinatos, quo minor est foci distantia. Quare si oculus sit in puncto *O* axis, per quem transit radius *principalis BC*, obiectum *OB* distincte videbitur sub angulo *BoO*. Iam ponamus, obiecta clare non distingui, nisi ab oculo distent intervallo 7 vel 8 pollicum; et *oω* hanc distantiam repraesentent. Vis imaginandi fingere sibi non poterit, obiectum oculo ita proximum esse, quale trans lentem apparet: sed obiectum illud in *oω* positum iudicabitur, atque ita augebitur illius magnitudo in ratione *oω* ad *oO*. Quare magnitudo apparens obiectorum, quae trans lentem observantur, pendet quoque ex ipsa oculi conformatione. Parantur etiam microscopia ex minimis vitreis globulis. Alia etiam sunt microscopia ex duabus lentibus convexis composita, qua-
37. rum lens obiectiva *MN* proximiorem habet

focum. Paullulum ultra lentem illam constitui- Fig.
tum obiectum *OB* ita, ut illius imago *ob* magis distet, ideoque et magis augeatur, deinde unius ocularis focus in loco huius imaginis collocatur, ut distincte videatur. Ex hac constructione patet, distantiam imaginis a lente obiectiva multum variare, mutata etiam tantisper obiecti *OB* distantia. Praeterea eo maius apparet obiectum, quo magis distat illius imago *ob* ab obiectivo *MN*. Tandem magnitudo apparens obiecti mutatur pro maiori illius ab obiectivo distantia, quum imago *ob* ad obiectivum accedat, simulque decrescat.

Ex principiis antea demonstratis aestimari potest obiectorum amplificatio telescopiorum et microscopiorum ope. Extremitas *B* obie- 35.
cti videtur per radiorum parallelorum *bPF* fasciculum, atque extremitas *O* per fasciculum *oKF*. Ac proinde telescopii ope obiectum videtur sub angulo *PFK*, quem comprehendunt radiorum fasciculi. Quia vero imago *ob* est in foco lentis ocularis *PQ*, radii ex puncto *b* emanantes, et in ocularem incidentes emergere debent radio principali *bK* paralleli, quare angulus $PFK = bKo$. Quia autem radius *AD* sine ulla refractione transit per vitrum *MN*, oculus in *D* constitutus, et nullo telescopio adiutus obiectum conspiceret sub angulo *ODB*, vel aequali *bDo*, ideoque angulus, sub quo videtur obiectum

telescopii ope , est ad angulum , sub quo videtur oculo inermi , ut angulus bKo ad angulum bDo. Sed in triangulis rectangulis bKo, bDo ; sumto bo pro radio , erit oK cotangens, anguli bKo , et oD cotangens anguli bDo. Quare cotangentes illae sunt ut oK , oD. Ac proinde tangentes angulorum bKo , bDo sunt ut oD ad oK (*coroll. VIII. def. IV. trigonom.*). Quare quum apparentes obiectorum magnitudines maxime pendeant ex angulis, sub quibus eorum semidiametri videntur , erit diameter obiecti telescopio visi ad diametrum eiusdem obiecti visi oculo nudo , ut distantia foci in lente obiectiva ad foci distantiam in lente oculari. Hinc patet , ad obiectorum amplificationem id maxime conferre , ut lentis obiectivae focus maiori donatus sit distantia ; contra autem minori focus lentis ocularis. Praeterea , si eadem servata in telescopio lentis obiectivae apertura , diversae lentes oculares per vices adhibeantur , eo obscurius apparet idem obiectum , quo brevior est lentis ocularis focus. Etenim fasciculi radiorum parallelorum , qui in oculo sese intersecant , conum veluti quemdam efformant, cuius basis est in lente oculari , vertex autem in oculo. Porro angulus ad verticem eo maior est , quo brevior est lentis ocularis focus, ac proinde radii lucis magis minusque dispersi oculum subeunt , ideoque obiecti imago licet maior , minus tamen vivida est. Quia

vero eadem manente lentis obiectivae apertura, ideoque et eadem lucis copia, obscuritas eo maior est, quo minor fit lucis densitas; evidens est, obscuritatem imaginis eo maiorem esse, quo maior est imaginis area; ac proinde obscuritas est in ratione duplicata diametrorum apparentium. Sed (*ex dem.*) diameter obiecti telescopio visi est ad diametrum eiusdem obiecti visi oculo inermi, ut distantia foci in lente obiectiva ad foci distantiam in lente oculari; ergo eadem manente lente obiectiva obscuritas imaginum est in ratione duplicata inversa distantiae foci in lente oculari. Manifestum autem est, hanc demonstrationem valere etiam in microscopiis compositis.

In praecedentibus demonstrationibus, superficiei refringentis vel reflectentis focum tamquam unicum punctum consideravimus. Ponitur enim, superficiei partem, quae est inter axem sphaericitatis per obiectum transeuntem et inter punctum quodlibet incidentiae, donatam esse curvatura physice nulla. In hac hypothesi singuli radii ex eodem obiecti puncto emanantes post reflexionem vel refractionem in unico puncto sese intersecant. At hypothesis illa non potest esse accurata geometrice. Nullum enim est punctum unicum, in quo radiorum singulorum intersectio fiat. Quare focus seu vera obiecti imago ille est locus, in quo plurium radiorum fit in-

tersectio; sed eo plura sunt aliarum intersectionum puncta, quo maior est in superficie reflectente vel refringente graduum numerus. Iam vero quia quodlibet intersectionum punctum est locus imaginis, quae eo magis vivida est, quo maior est radiorum sese intersecantium numerus; hinc patet, diversis imaginibus illis maxime turbari verae imaginis repraesentationem. Huic autem telescopiorum imperfectioni remedium adferri solet, si lentis obiectivae superficiei, quae versus obiectum convertitur, minor apertura concedatur. Praeterea foco adhiberi solet superficies nigra, plana et opaca, foramine rotundo pertusa, quae *diaphragma* appellatur. Huius enim diaphragmatis margines radios superfluos absorbent. Tandem superficies interna tubi nigro colore tingitur ita, ut radii longius ab axe recedentes cohibeantur, alioqui radii illi nimia obliquitate incidentes in ipso tubo reflexi, ipsam imaginem vel lentem ocularem traiicere possent, visionemque confusam efficere. Doctissimi quidem geometrae superficiei refringentis et reflectentis talem determinarunt curvaturam, ut radii singuli ex eodem obiecti puncto emanantes in unum concurrerent punctum. At praeter difficilem talium curvarum constructionem huic telescopiorum perfectioni obstat quoque diversa radiorum refrangibilitas. Nam ex demonstratis de diversa radiorum refrangibili-

tate evidens est, puncti alicuius imaginem ex diversis punctis coloratis esse compositam pro diverso refrangibilitatis gradu. Sed dum haec scribo an. 1759, a doctissimo amicissimoque viro D. Clairaut litteris ad me datis accipio, in Anglia a peritissimo viro D. Dollond compositum fuisse obiectivum ex duabus lentibus, quarum materia diversam habet vim refractivam ita, ut sese mutuo corrigant aberrationes ex diversa radiorum refrangibilitate oriundae. Quia vero in hac correctione superest aliud vitium ex lentium sphaericitate oriundum, et quidem non exiguum, adhibentur enim sphaerae minoris diametri pro eadem apertura, hanc aliam imperfectionis partem emendavit vir non satis laudandus D. Clairaut, atque subtilissimo calculo sphaerarum illarum dimensiones ita combinavit, ut illae duae aberrationes sese mutuo compensarent simulque evanescerent. Sed haec historice dicta sint, ut doctrinae utilitatem intelligatis. Alias telescopiorum species omittimus. Duas tantum, quae frequentius atque utilius usurpantur, vobis explicasse satis sit. Ceterum ex demonstratis patet, cur telescopium duobus tantum vitris instructum adhibere solent astronomi. Etenim telescopium illud brevius est, ac proinde commodius. Praeterea minor est luminis iactura, quum radii duo tantum vitra traiiciant. Tandem telescopium astronomicum maiorem campum

admittit, et brevioris foci lentem ocularem patitur, eamque ob causam obiecta magis amplificat.

CAPVT II.

De igne.

De *ignis* natura praecipuisque characteribus obscurissima quaestio est. Nec mirum, quod in tanta rerum difficultate vix aliquid definire audeant accuratiores physici. Nos autem illorum diligentiam imitati, varia referemus ignis phaenomena, et pauca; quae ex his certo colligi possunt, attingemus: de calore deinde et frigore aliqua explicabimus.

ARTICVLVS I.

De ignis proprietatibus praecipuis.

I.

Quattuor praecipuos *ignis* characteres recensent physici, lucem scilicet, rarefactionem, calorem, intestinumque motum. Ignem ex ipsa lucis praesentia demonstrari aiunt, etiamsi absit calor omnis, qui sensus nostros adficere possit, quod ut ostendant, utuntur exemplo lunae, cuius radii in speculi ustorii foco collecti plurimum lucis, nihil autem caloris praebent. Verum lucem hanc ignem

esse, non ita certum est, ut in dubium vocari non possit. Neque enim demonstratum est, materiam hanc, quae lucem producit, eam ipsam esse, qua calor excitatur. Re quidem ipsa lux lunaris emanat a sole, cuius lumen cum calore coniunctum est. Verum id probandum superest, solis lucem et calorem ex eodem principio eademque materia originem habere. Praeterea ponamus, inter lunae solisque lumen hoc unum esse discrimen, quod nempe lux lunaris debiliori motu producta ad calorem excitandum satis non sit; id saltem reponi posset, lucem lunarem verum et proprie dictum ignem non esse, quum eo careat motu, qui ad ignis naturam necessarius omnino est.

Quod ad rarefactionem spectat, corpora omnia, paucissimis exceptis in omnem dimensionem ad certos usque limites vi ignis expanduntur. Neque refert, dura, mollia, an fluida sint, levia, an magis ponderosa. Id autem extra omnem dubitationem positum est, corpora fluida maiorem rarefactionem pati ab igne, quam dura. Dilatantur tamen corpora durissima, immo vehementiori igne solvuntur et liquefiunt. At cessante ignis actione contrahuntur. Ex hac ignis proprietate fit, ut tempore aestivo dilatationem, hyberno autem tempore contractionem patiantur corpora. Sunt tamen corpora nonnulla,

quae igne rigescunt et indurantur, qualia sunt ligna, ossa, lutum, creta, aliaque eiusmodi.

Defin. Ignem definiebant peripatetici: *elementum calidum siccum*. Qua quidem definitione nihil edocemur de ignis natura; maxima enim superest difficultas in explicanda caloris causa. Praeterea licet calor et ignis arctissimo inter se vinculo cohaerere soleant, nullum tamen satis notum de igne ferri potest iudicium ex calore, quem persentimus. Etenim est qualitas *relativa*, quae ex incerto et mutabili sensuum testimonio aestimatur. Si manus nostrae gelu rigescant, quod tepet, fervere videtur; si vero nimis incalescant, quod tepet, experimur frigidissimum. Notum est, in specubus et cryptis subterraneis eamdem fere temperiem omnibus anni tempestatibus servari, thermometro iudice. Sed compertum quoque est, huiusmodi specus valde frigidos a nobis persentiri tempore aestatis, valde autem calidos tempore hyemis. Haec omnia, aliaque multa, quae brevitatis studio praetermittimus, manifeste ostendunt, nihil certe de ignis praesentia pronuntiari posse ex ipso caloris sensu, quem experiuntur homines.

Alii physici existimant, ignem ex corpusculis tenuissimis, rotundis, maxime mobilibus componi, quae quum maxima ac fere infinita celeritate moveantur, et in singulas par-

tes velocissime abripiantur, non solum obvia corpora pervadere, agitare et comminuere possunt, sed etiam in nervorum fibrillis, quas celeri vibratione percellunt, lucis et caloris sensum imprimere valent. Ab eiusmodi sententia, quam ex Epicuro instauravit Gassendus, non multum differre videtur hypothesis Cartesii, qui primum elementum, tenuissimum nempe pulverem, rapido perennique motu agitari arbitratur. Vbi vero corporum omnium poros pervadens crassiores tertii elementi particulas reperit, celerrime illas agitat, contorquet, impellit; quo motu particulis etiam secundi elementi, quae rotundae ac mobiliores sunt, communicato, istae splendorem et calorem in corporibus nostrisque sensibus excitant. Non omnes tamen tertii elementi particulas igni excitando vel generando aptas existimant recentiores cartesiani, sed illas solum, quae *nitrosae*, *sulphureae* et *oleaginosae* sunt. Compertum est enim, non ex omnibus tertii elementi particulis etiam celerrime agitatis splendorem aut calorem aut ignem excitari posse, sed aliqua determinata substantia requiritur, quae *combustibilis* et *inflammabilis* dici solet.

Inter tot opinantium et dissidentium philosophorum ambages, nihil est, quod severioribus physicis satis facere possit. Hinc factum est, ut academia parisiensis ann. 1738

investigandam proposuerit ignis naturam , statuto de more praemio , quod pro parte sua reportavit doctissimus Eulerus. Cartesianam hypothesim amplificavit vir. clariss. et magno rationum pondere roboravit. Inter varia ignis phaenomena illud potissimum seligit explicandum, quo nempe fit , ut ignis propagetur , seu aliis corporibus communicetur, eaque incendat. Quum autem praecipuus phaenomeni nodus in hoc versetur , quod ignis maximam producat motus quantitatem sine ulla proprii motus iactura ; is inveniendus est alicuius materiae status , in quo vis minima ingentem virium motusque quantitatem generare valeat. Hunc autem perniciosissimum ignis effectum in pulvere pyrio primum considerabimus. Eadem enim vis exigua , quae unicum pulvisculum valet incendere , ad explodendam quoque ingentem pulveris copiam potentissima est. Inter physicos satis iam constat , in pulvere pyrio latere aërem , aliudve fluidum elasticum vehementer compressum , quod , ruptis comprimentibus particulis permissoque exitu , ingenti vi sese expandat. Hinc manifestum est , vim illam , qua ignis expanditur ac multiplicatur , a propria vi pulveris pyrii distinguendam esse , et prorsus separandam. Etenim in pulveris pyrii explosione ignis hoc unum praestare videtur , quod aëris nempe vel fluidi compressi repagula seu claustra recludit. Porro primariis naturae legibus re-

pugnat omnino, ut vis minima ingentem effectum producat. Vbi autem tales effectus observantur, vires producentes in ipsa materia latere necessum est. Haec autem vis nulla alia praeter vim elasticam obtineri potest, nisi ad qualitates occultas ex physica funditus exterminandas confugere velimus. Haec quum ita sint, iam concipere licet materiam aliquam subtilissimam et eximie elasticam ad ignis effectus producendos aptissimam, quae materia *ignea* vocabitur. Quamobrem materiam *combustibilem* eam appellabimus, quae multas materiae igneae particulas continet, ac proinde et eo magis *combustibilis* erit materia aliqua, quo plures sub eodem volumine continebit huiusmodi particulas. At praeter particulas illas consideranda etiam est ipsa corporis materia, quae viribus effringentibus magis vel minus resistat ita, ut ab hac conditione plurimum etiam pendeat *combustibilitatis* differentia. Itaque ignis excitabitur, si vel unica particula compressam detinens igneam materiam effringatur. Subito enim plures particulas simul recludi oportebit, erumpetque magno impetu materia ignea, atque tamdiu explodetur, donec nullae supersint, quae disrumpi valeant particulae. Haec igitur materiae subtilis et elasticae explosio est id, quod *ignis* vocatur. Inter vires, quae ignem excitare valent, referendae sunt illae omnes, quae particulas

ignea materia refertas frangere valent, inter quas primum locum tenet ipse ignis. Atque hinc intelligitur vis, qua ignis sese extendit, et longe lateque propagat. Ex hac doctrina concludit vir summus Eulerus, ea tantum corpora ad ignem concipiendum apta esse; quae particulas igneas explosioni obnoxias continent. At si corpora igneam contineant materiam, quae magna satis copia explodi non possit, iam particulae illae in reliquas partes circumiectas vim aliquam exserere quidem poterunt. Atque hinc orietur calor dumtaxat, qui proinde est minimarum particularum motus sine explosione, quum in igne motus sit cum explosione coniunctus.

Hinc reddi potest ratio, cur ignis, iniecta non combustibili materia, aliquando exstinguatur. Talis enim materia igneas ardentis corporis particulas obducit, seseque iis immiscet, quo fit, ut vis explosionis in hanc materiam excerceatur, in eaque tota consumatur, atque ideo reliquae igneae particulae vim explosionis minus sentiant Quare circa materiam igni iniectam id notandum est, an cum materia ardente misceri, eique adhaerere queat. Si enim materia adiecta corpus ardens ingredi eique intrudi non possit, ignem exstinguere non valet. Ita videmus, adspersa aqua oleum accensum non exstingui, nisi omnino aqua opprimatur; cuius rei ratio est, quod oleum nullam cum aqua mixtionem pa-

tiatur. Praeterea si materia non combustibilis ceteris paribus, fuerit densior, eo promtius ignem suffocabit. In hac enim densiori materia vis explosionis celerius consumitur. Hanc ob rem aër, licet combustionis incapax (*immo combustionis omnis adminiculum praecipuum*), tamen propter raritatem ad ignem exstinguendum aptus non est, nisi magno impetu in ignem irruat; tunc enim corporis crassioris vices sustinet. Imo aër saepius ad ignem conservandum est necessarius, ut demonstrat candela accensa, quae in vacuo boyleano exstinguitur. Etenim ignis *nutrimentum* sunt particulae ex sebo vel cera, quae ab aëre retinentur, et demto aëre avolant calore solutae, ideoque deficiente *pabulo* ignem deficere necessum est. Porro aër ad conservandum ignem necessarius nec densior, nec rarior esse debet. Ita carbo accensus compresso et densiori aëre obruitur. Contraria ratione carbo exstinguitur, si vehementiori soli obiiciatur. Eamdem ob causam, atque etiam ob imminutam aëris elasticitatem flamma in camino praefocatur, si camini spiraculum palea vel pannis aqua imbutis obstruatur, quo quidem remedio in caminorum incendiis uti solent.

Quod ad *flammam* attinet, eam nihil aliud esse, statuit Eulerus, nisi ipsam materiam subtilem et elasticam, cuius explosione ignis gignitur. Quia vero flamma determinatam habet figuram, et circa ipsum ignem occupat datum spatium, necesse est, ut a-

liud fluidum elasticum ubique expansum sua elasticitate indefinitam materiae subtilis igneae expansionem cohibeat, eamdemque materiam in determinato spatio contineat. Hoc autem aliud fluidum elasticum *aetherem* esse, ponit Eulerus. Itaque explosione materiae igneae aether repellitur, ipsaque haec materia tantum in aethere occupabit spatium, quantum necesse est, ut vis elastica aetheris cum vi materiae igneae consistat in aequilibrio. Spatium igitur in aethere a materia subtili ignea occupatum erit ipsa flamma. Constituta flammae natura, iam radiorum emissio explicatur. Factae scilicet in aethere succusiones atque vibrationes in causa sunt, cur flammae radii propagentur eodem modo, quo in aëre radii sonori producuntur. Neque difficilius intelligi posset flammae propagatio per ipsam radiorum emissionem. Haec ingeniose quidem constituit Eulerus, quorum magna pars hypotheseos limites non excedit. Id unum certo adfirmari et experimentis confirmari posse videtur, ignem coalescere ex minutissimis particulis in spatio non magno collectis, summa mobilitate donatis; sed de illarum particularum natura nihil definiri potest. Nec caret verisimilitudine, diversas esse ignis species diversamque naturam. Quidam enim ignes lucent tantum, alii autem lucent et urunt vehementissime. Nonnulli physici ignem in certo quodam motu, non quidem facile de-

finiendo positum esse opinantur ita, ut hoc motu in qualibet materiae specie excitato ignis produci valeat. In hanc hypothesim propendisse videtur Newtonus. Ceterum quemlibet motum ad ignem caloremque excitandum satis non esse, certissimum videtur, quum fermentationes plurimae vehementissimum frigus producere observentur. Sed meris coniecturis diutius immorari nollumus.

Coroll. Ex praecedentibus patet, multas igni competere fluidorum proprietates, quales sunt partium mobilitas atque tenuitas. Sed ad alias nonnullas fluidorum qualitates in igne hactenus observare non licuit, quales sunt praesertim duae proprietates illae, quibus fluida suam pressionem quaquaversum aequaliter exercent, et ad libellam sese componunt. Quare ignem e fluidorum numero reiicere, vel inter fluida recensere, quaestio est nullius momenti. Quamquam certissimum sit, ignem esse materiam. Tantillum tamen est purioris ignis pondus, ut nullo experimento sentiri possit. Quod enim se observasse, aiunt plerique physici, corpora vehementer calefacta pondere crevisse, crassioribus observationibus innititur, ut antea adnotavimus. Itaque satius erit aliqua ignis phaenomena proponere. Si duo quaevis corpora dura sibi invicem imposita atterantur per aliquod tempus, calorem ingentem excitabunt, et interdum quoque ignem, praesertim si corpora fuerint durissi-

ma. Sic mutuus calybis et silicis attritus ignem excutit. In Oriente frequentissimum est lignum durissimum, ex quo ignis per attritum facile extunditur. Sic culter calybeus forti manu pressus ad cotem rotatilem incalescit, rotaque celerius circumacta, ignis scintillae emicant. Huic causae tribuendum est, quod ingentes etiam sylvae magna ventorum vi agitatae, aliquando igne consumantur, et in apertum erumpant incendium. Generatur etiam ignis per *vegetabilia* semiexsiccata in magnos acerbos extructa, quod tristissimo foeni putrescentis exemplo saepe innotuit. In iis enim acervis partes inferiores valido superiorum partium pondere premuntur, ex illa pressione attritus oritur motusque, et interdum flamma excitatur. Idem aliquando accidit praealtis pannorum sordidorum molibus, atque huic causae tribuitur, quod paucis abhinc annis nosocomium parisiense totum fere exarserit atque conflagraverit. Producitur etiam ignis per liquidorum quorumdam mixtionem. Ea enim simul permixta primo effervescunt, tunc vero ignem producunt. Si spiritus, ut vocant, *flammificus* et *oleum cinamomi* aequa portione misceantur, flammam producunt clarissimam ita, ut magnum etiam conclave splendeat. Immo si libra una licoris unius cum una alterius libra permisceatur, idque fiat in conclavi ex omni parte clauso, tantus ignis excitabitur, ut omnes

cubiculi partes disiicere, et solo aequare valeat, et quidem facilius, quam praestare posset pulvis pyrius. Spiritus autem flammificus paratur ex nitro purissimo, siccissimo, et ex oleo vitrioli dupla proportione inter se permixtis et igne subactis. Ceterum ignis excitatus, ut conservetur, eget nutrimento, quo deficiente exstinguitur; ut iam observatum est. Nutrimentum autem multiplex esse potest. Ad ignis alimentum conferunt maxime olea, quae ex terra, vegetabilibus, animalibus, nonnullisque fluidis extrahi solent. Vbi autem vi ignis ex tota massa avelluntur crassiores particulae, partes scilicet aqueae, salineae, terrestres, quae nullum igni pabulum subministrare possunt, in modum fumi avolant, et parietibus adhaerescunt. At si fumus vel fuligo oleosis partibus abundaverit, in flammam facile redire potest.

Haec, quae hactenus diximus, fere demonstrant, ignem per omnia spatia esse diffusum, nec quidquam aliud requiri, ut eius praesentia fiat manifesta, nisi ut colligatur et adunetur, id quod per attritum procul dubio obtinetur. Immo persuasum habet Boërhaavius, ignem aequaliter per omnia spatia et per omnes corporum meatus esse dispersum, idque luculentissimis suadet experimentis. Et re quidem ipsa fidem facit thermometrum, in eodem aëre, ceteris paribus corpora omnia eumdem caloris ac proinde et

ignis gradum admittere. Illa autem aequalis per omnia corpora ignis distributio oritur ex ipsa ignis proprietate, quae ad aequilibrium tendere, experimentis compertum est. Corpora omnia corporumque omnium partes si igni obiiciantur, eumdem caloris gradum tandem adquirunt. Si corpori igne candenti admoveatur corpus frigidissimum, caloris pars a primo corpore amittitur, quae ab altero adquiritur, donec inter utramque ignis quantitatem restituatur aequilibrium. Nulli alteri causae tribuendum videtur, cur corpora etiam calidissima tandem frigescant. Quod ergo per diversa corpora ignis ut plurimum inaequaliter dispersus observetur, referendum est in causam aliquam impellentem, quae ignis aequilibrium turbet. De hac singulari et antea ignota ignis proprietate legi debent, quae diligentissime expertus est clar. Boërhaavius in chemia. Ceterum ignem in omnibus corporibus latere, demonstratum omnino est. Nullum enim est corpus, quod calorem ac proinde et ignem non concipiat. Vel natura vel arte corporum omnium partes in tenebris lucent, sive ut vocant, sunt *phosphorae.* Tandem ex omnibus corporibus scintillae per experimenta *electrica* educuntur. De phosphoris legantur experimenta, quae in opusculis hac de re editis summa diligentia describit clariss. Beccaria chymices professor bononiensis. Quod autem ad *fa-*

ctitias scintillas attinet, argumentum illud nos deinde fuse revocabimus, ubi sermo erit de electricitate *.

ARTICVLVS II.

De calore et frigore.

I.

De caloris natura et origine pauca, quantum scire hactenus licuit, in articulo prae-

* *Quae in hoc articulo a Iacquierio adducta sunt ex Euleri mente, ut ignis naturam exponat, obsoleta sunt. Tentamina a recentissimis chymicis instituta rem totam bono in lumine collocarunt. Naturam ignis in materia constituerunt valde fluida, rara et elastica, aequabiliter per universum diffusa, quam* caloricum *dixere. Haec omnia corpora penetrat, atque cum plurimis combinatur. Vnde oritur calor in statu combinationis. Sed ad statum caloris liberum, quo fit corporum combustio, solvitur illud ab oxygeno aëris vitalis, facta huius combinatione cum corporis materia, quae ignis pabulum dicitur, ac praeterea actio externa requiritur, quae ipsam ignis actionem excitare valeat. Plurima de hoc argumento accuratissime tradiderunt MM. Lavoisier et de la Place* in mem. academ. scient. ann. 1780.

cedenti explicabimus. Iam de frigore nonnulla adiungemus, et deinde varia caloris et frigoris phaenomena considerabimus. De frigoris natura et origine plurimum inter se differunt philosophi, et tot de frigore, quot de calore instituunt hypotheses. Aristoteles ceterique peripatetici existimant, frigus esse *qualitatem aliquam ab entitate subiecti distinctam; qua congregantur homogenea simul et heterogenea;* quum e contrario calor *congreget homogenea, separet autem heterogenea.* Haec autem definitio refelli vix debet. Et quidem praeter quam quod vaga *entitatis* et *qualitatis* vocabula nullam menti exhibeant notionem, certum est, eum non esse constantem frigoris effectum, ut heterogenea congreget. Si vehementiori frigori subiiciantur vinum, acetum, spiritus vini, separantur atque solvuntur liquores illi, pars vini aquea in glaciem concrescit, spiritus suam fluiditatem retinet, et tartarum praecipitatur. Neque est constans caloris effectus, ut *homogenea congreget*, et *segreget heterogenea.* Etenim massam ex auro, argento et aere conflatam nullus calor segregare poterit; immo si diversae argenti, auri et aeris portiones in vase contineantur ignique subiiciantur, vi caloris in unam congregantur massam.

Epicureorum hypothesim instauravit Gassendus, qui ex certà quadam atomorum figura frigoris essentiam repetendam esse ar-

bitratur. Neque desunt recentiores philosophi, qui *frigorificas* atomos vel spiritus *frigorificos*, ut vocant, veluti frigoris causam et originem admittant, atque his rationibus tueantur. Notissimae sunt congelationes, quae arte fieri solent. Nix vel glacies sale vel nitro vel vitriolo permixta et vasi circumfusa, aquam in vase contentam tanta frigoris vi penetrat, ut eam igni quoque subiectam in glaciem facilius convertat. Quae vero tanta frigoris virtus esse poterit, nisi corpuscula quaedam ex glacie vel nitro descendant, penetratisque vasis lateribus in aqua recipiantur. Celebre est etiam illud experimentum ab academicis florentinis peractum. Quemadmodum nempe calor ignis aut solis in speculo collectus, et ad proximum thermometrum reflexus, eiusdem thermometri liquorem rarefacit, et altius illum cogit adscendere, ita si loco solis aut flammae glacies substituatur, thermometri liquor descendit et condensatur. Quum igitur in primo casu corpuscula quaedam egrediantur ab igne, quae spiritum vini thermometro inclusum rarefaciunt, ita quoque corpuscula quaedam ex glacie prodire debent, quae a speculo collecta in thermometrum reflectantur, eiusque liquorem condensent. Illae autem particulae corpuscula *frigorifica* dici solent. Plurimi quoque effectus frigoris sine corpusculorum effluvio vix explicari posse videntur. Certe homines et stir-

pes *penetrabile frigus adurit*. Pedes, manus ceteraeque corporis humani partes vi frigoris intumescere, aliquando scindi, semper fere pallescere, ac livorem inducere videntur, ex quibus effectibus acerrimus oritur dolor. Haec autem omnia per spiritus quosdam et halitus salinos ac nitrosos fieri coniiciunt, quum ipsae nitri particulae carnibus impositae eosdem fere effectus producant.

Plerique recentiores physici frigus considerant tamquam corporum proprietatem mere *relativam*, seu tamquam minorem caloris gradum. Ita corpus certo caloris gradu praeditum, si cum alio corpore calidiori conferatur, frigidum dici potest et contra. Itaque frigus cum nostro corpore comparatum nihil aliud est praeter sensationem, quam ex imminuto corporis nostri calore percipimus. In corpore autem frigido datur calor, sed minor calore corporis nostri. Haec quidem cuilibet hypothesi sunt communia. Quum enim in opinione qualibet incrementi et decrementi capax sit calor, manifestum est, frigus tamquam caloris decrementum considerari posse. Sed inter varias opiniones hoc discrimen est, utrum scilicet frigus ad absentiam ignis aut ad materiae alicuius peculiaris praesentiam referri debeat. Solam ignis diminutionem sufficere, probabilissimum iudicant nonnulli, quibus persuasum est, ignem esse peculiarem quamdam materiam, cuius

motus calorem producit, absente autem vel imminuta hac materia, frigus succedere opinantur. Sed quidquid sit de illa hypothesi, iudicio nimis praecipiti negari non debent corpuscula *frigorifica*, quae ubi corpus penetrant, ignem, saltem pro parte, expellunt. Tales particulas aliquando adesse, demonstrare videntur adlata experimenta aliaque plurima. Sed particulas illas semper exsistere, ubi datur frigus vel caloris diminutio, probari certe non potest.

II. Quum sensationes nostrae accuratum praebere non possint caloris et frigoris testimonium, ad metiendas caloris frigorisque vicissitudines tutissimum instrumentum adhibent physici, quod *thermoscopium* seu *thermometrum* appellant. Fluidum nullum inventum est, quod vi caloris in amplius volumen expandi, aut vi frigoris in arctius spatium compingi queat quam spiritus vini; praesertim si probe, ut dicunt, *rectificatus* fuerit. Nemo vestrum oculis non usurpavit vitreos illos tubos, quorum pars superior est *hermetice* sigillata, pars autem inferior in sphaerulam desinit. Tubus autem ille aliqua ex parte spiritum vini continet. Statim ac calor augetur, spiritus vini rarefit, et altius adscendit per tubum. Si autem minuatur calor, spiritus vini condensatur, descenditque e tubo versus globum. Antequam tubi lumen hermetice sigilletur, aquae calidae im-

mergi debet, et in ea aliquamdiu detineri, donec spiritus vini ebullitioni proximus sit. Atque in eo statu notari debet liquoris altitudo. Vt autem acutissimum frigus obtineatur, nix vel glacies sale detrito tubo conspergitur, spiritus vini condensatus descendit, rursusque notari debet liquoris altitudo. Quia vero in cellis vinariis habetur calor temperatus, qui veluti medius censeri potest inter maximum aestatis calorem, et acutissimum hyemis frigus, liquoris altitudo in hoc statu notetur, illudque punctum veluti temperati caloris indicium habeatur. Tandem totum intervallum inter glaciem et aquam calidam in partes aequales pro arbitrio dividatur, hoc artificio obtinebuntur diversi caloris gradus at temperati caloris gradum referendi. De horum instrumentorum usu observandum est, tantam non habere utilitatem, ut diversa thermometra varias frigoris calorisque constitutiones in variis regionibus certo demonstrent. Etenim ad hunc usum obtinendum necessariae forent conditiones plurimae, quae vix sperari possunt. Necesse enim foret, eamdem esse tuborum perfectionem, internamque illorum superficiem aequali diligentia esse perpolitam et elaboratam. Praeterea accuratissime cognitam esse oporteret diversam tuborum diametrum, atque etiam rationem, quam habet expansio spiritus vini ad illius volumen. Tantae autem subtilitates nulla fere diligen-

tia obtineri possunt. At si eodem thermometro utamur, satis accurate diversis anni tempestatibus, atque etiam in variis regionibus caloris frigorisque temperiem dignoscere licebit. De frigoris calorisque causis pro regionum varietate aliqua heic data occasione possemus subiungere, sed res in geographia commodius tractabitur. In thermometris loco spiritus vini substitui etiam solet mercurius. At in talium instrumentorum constructione necessaria omnino est summa dexteritas. Hinc mirum non est, quod tam incerta sit thermometrorum fides.

III. Rerum connexio postulat, ut de congelatione et glaciei formatione aliquid dicamus. Argumentum quidem obscurissimum est et difficultatibus plenum. Quare probabiliores coniecturas exponere satis erit. Quum frigus nihil aliud sit, quam caloris diminutio, quae cum motus diminutione coniuncta semper est; cessante vel saltem imminuta vi illa, quae fluidi calidi particulas agitat, illasque a se invicem repellit, iam particulas illas ad se invicem maiori vi tendere, et in massam solidam coalescere necessum est. Hinc oriri poterunt diversi congelationis gradus ipsaque glacies. Patet autem, huic explicationi posse accommodari varias de caloris natura hypothesis. Etenim quaecumque sit vis fluidi particulas agitans atque perturbans, patet, explicationem illam perinde se habere. Diximus

etiam vix negari posse corpuscula, quae *frigorifica* appellare fas est. Illa scilicet corpuscula, vel materiae igneae patticulas expellunt, ideoque intestinos fluidorum particularum motus debilitant, atque hinc fit cohaesio; vel particulae illae per fluidum dispersae sese attrahunt vi maxima, atque mutua artractione fluidum intermedium in duram compingunt massam.

Neutrum nobis compertum esse fatemur. At citra corpusculorum effluvium explicari vix possunt plurima frigoris et glaciei phaenomena. Referunt scriptores, in Vkrania Poloniae provincia esse acerrimum frigus, longeque intensius quam in Normandia Galliae provincia; quum tamen in globo terrestri idem sit respectivus locorum situs. Fluvius, qui regiam sinarum urbem adluit, circa mensem novembris tanta vi frigoris intra diem unum concrescit et induratur, ut quattuor mensium spatio currus et ingentia pondera sustineat, quamvis aquae et aëris frigus non ita intensum videatur. Ille tamen sinensis fluvius eamdem habet respectivam in globo terrestri positionem, quam obtinet Tyberis; in quo certe tanta non viget vis frigoris. Hinc probabilissimum est, ventos quosdam aliis frigidiores, esse; qui salinos, nitrosos halitus secum deferant, et ipsis referti ac permixti corporum poros pervadant, praedictosque effectus producant. In hac etiam hypo-

thesi intelligitur ratio, cur rivuli quidam hyberno tempore liberrime fluent, tempore autem aestivo in durissimam glaciem concrescant. Observatum enim est, rivulorum illorum litora plurimis nitri salisque particulis abundare, quae quidem particulae aestivo calore solvuntur, et in rivulis aquas defluunt, iisque permiscentur.

IV. Suae etiam sunt, et quidem simillimae, caloris et frigoris causae in locis subterraneis. Per meatus subterraneos fluunt succi varii, qui sibi mutuo occurrentes, vel aliis corpusculis permixti incalescunt. In aliis autem locis terra abundat nitrosis salinisque particulis, quae frigus acre inducunt. Nonnullis experimentis rem confirmabimus. Si limaturae ferri et sulphuris partes aequales bene permisceantur, et modica aqua perfundantur, ut in massam duriusculam evadant; ut ea primum calor excitabitur, tum flammulae etiam emicabunt. Notissima est in Anglia cretae cuiusdam albae species. Huius cretae frustum, si in aquam frigidam iniiciatur, excitata ingenti ebullitione illam adeo calefacit ut in ea ovum ad duritiem usque coqui possit. ¿Quid ergo vetat, in terrae penetralibus latere plurimas id genus particulas, quae torpidae iacent et inertes, terreis particulis implicitae? At si aqua solvantur et agitentur, statim fermentationis motum adquirunt, et in ipsa aqua fervorem inducunt.

Id vero non solum non repugnat, sed etiam ita esse, iudiciis manifestis comprobant aquae minerales, sulphureae, chalybeatae et calidae. Quod ad frigoris genesim spectat, si aquae libris quattuor una salis ammoniaci libra permisceatur, aqua satis intensum frigus concipi. Id autem fusius confirmabitur in appendice, ubi plurima et quidem utilissima referemus congelationum, quas vocant *artificiales*, exempla.

Ex his experimentis patet, in partibus terrae interioribus temperiem posse variis modis mutari, nulla habita solis ratione. Et quidem caloris et frigoris causa in locis subterraneis non sunt radii solares, utpote qui eo penetrare non possunt. Quare mirum non est: si vicissitudines caloris et frigoris in superficie telluris, quae a sole ortum ducunt, minime conveniant cum iis, quae in specubus et antris deprehenduntur. Et re quidem ipsa, adhibito thermometro, compertum est, in multis locis subterraneis eamdem esse tam hyeme quam aestate caloris frigorisque temperiem. Attamen, teste etiam thermometro, cognitum est, in multis locis subterraneis mutari interdum caloris frigorisque gradum ita, ut mutatio ista nullum habeat nexum cum vicissitudinibus, quae in telluris superficie contingunt. Itaque harum vicissitudinum causa quaerenda est in ipsis terrae visceribus. Et certe credi non potest, perpetuum et sem-

per aequabilem esse eorum corporum concursum, ex quorum mixtione calor et frigus excitantur. Hanc mutationem demonstrant montes *ignivomi*, qui in maiora vel minora erumpunt incendia, et post maximam ignium flammarumque eiectionem aliquando conquiescunt. Quare merito canit Ovidius:

Nec quae sulphureis ardet fornacibus aetna
Ignea semper erit, neque enim fuit ignea
semper.

V. Corpora calore dilatari, frigore contrahi, iam saepius observavimus. Verum in congelatione quae phaenomenon succedit plane singulare. Rarefiunt aquae partes, et in maius volumen expanduntur contra quam faciunt alia fluida. Vniversam congelationis seriem hoc ordine prosecuti sunt academici florentini. Tubum vitreum aqua plenum sumserunt, cuius pars superior aperta foret, inferior vero in excavatam sphaeram desineret, ut in thermometris fieri solet. Tum sphaerulam vitream, hoc est, inferiorem tubi partem in vas subiectum immergebant, quod nivem aut glaciem salibus permixtam continebat. Vbi primum sphaerula glaciei immersa fuit, aqua in tubulo exsistens aliquantulum adscendit, deinde vero motu fere aequabili ad certum quemdam gradum descendit, tuncque immota et veluti *stationaria* permanere videbatur. Tandem motu quodam tardissimo, aequabili tamen, iterum adscen-

debat, donec maxima tandem prosiliret celeritate, qua brevi cessante, in glaciem aqua convertebatur. Rem paullo aliter tentavit et accuratissime demonstravit D. Mariotte. Quum enim scyphum fere aqua plenum aëri frigidissimo exposuisset, primo veluti oblonga quaedam filamenta ex glacie composita emergebant, atque ubi maxima pars aquae in glaciem concreverat, exigua pars illius, quae adhuc fluida manebat, in medium fere scyphi locum sese recepit. Sed quum plurimae tenuissimae bullulae ex illa erumperent, aqua ipsa per exiguum foramen in summa parte conspicuum sensim exiit, quae similiter in glaciem conversa veluti in cumulum adsurgebat. Occluso foramine, glacies ipsa ultro facta est et divisa fere in medio scyphi. De glaciei formatione totoque congelationis progressu nihil religiosius observari potest, quam quod tradit clar. D. de Mairan *in eximio opusculo de hac re edito.*

Ex praecedentibus id colligitur; aquae partes, dum in glaciem convertuntur, non condensari, sed maxime rarefieri. Hoc idem innumeris comprobatum est experimentis. Vi glaciei durissima quoque vasa franguntur. Tubum ferreum, cuius crassities erat digiti unius, aqua impleverat Hughenius, et hunc tubum probe clausum intensissimo frigori obiecit: post duodecim horas rupta dissiluere tubi latera. Huic expansioni tribuendum est,

quod saeviente gelu viarum publicarum pavimenta evellantur: quod saxa arboresque dissolvantur: nova plantarum germina et fructus tenelli corrumpantur: quod aquarum canales confringantur. Atque ut alia omittam huius rarefactionis argumenta, glacies aquae innatare observatur, quod certe fieri non posset, nisi glacies aqua levior et rarior etiam exsisteret. Hi quidem effectus obvii sunt et frequentissimi; at effectuum causa difficilis omnino est. Singularis huius dilatationis rationem aliqui ducunt ex vi elastica aëris. Quum enim in ipso congelationis actu erumpant magna copia aëris bullulae, aquae particulas in amplius volumen expandi aiunt. Satis quidem ad rem accommodata videretur explicatio, nisi in aqua omni aëre, quantum fieri potest, purgata expansio aeque succederet. Alii expansionem repetunt ex particulis *frigorificis*, quae in aquam introductae illius volumen dilatant. Alii tandem id totum fieri opinantur ob mutatam particularum aquearũm respectivam positionem. Calor scilicet aquae particulas segregat, illasque in fluiditatis statu continet. At calore imminuto et succedente frigore, iam alius fit partium situs, aquae molleculae ad alios contactus tendunt. Neque repugnat, particulas illas ita se mutuo attrahere in statu congelationis, ut in amplius volumen expandantur. Quum autem expansio illa ex minima-

rum particularum textura pendeat, hac ratione intelligi poterit, cur talis expansio aliis fluidis non accidat. Verum satius est ea, quae a frigore metuenda sunt, cavere; quae autem nobis utilia esse possunt, investigare, vanasque et inutiles hypotheses relinquere.

APPENDIX.

De quibusdam capitis praecedentis utilitatibus.

De congelationis causa et origine iam aliqua explicavimus in capite praecedenti. Verum quidquid sit de variis physicorum hypothesibus, certissimum est, salium vi congelationem et glaciem creari posse. Aquam sali refrigerari, patet hoc experimento. Aqua frigida poculo immitatur; eique thermometrum immergatur. Statim ac certo constat, thermometro eum accessisse frigoris gradum, qui aquae inest, sal in aquam iniiciatur. Rebus ita comparatis, antequam sal in aqua probe solutum appareat, spiritus vini iam in thermometro descendere observatur. Vbi autem rursus compertum est thermometro, eum frigoris gradum adquisitum esse, qui aquae sale imbutae convenit, immoto scilicet manente spiritu vini, thermometrum extrahatur, et in aquam dulcem poculo contentam inferatur, quae quidem cum aqua prius adhi-

bita eumdem habeat caloris gradum; spiritus vini ad eam rursus conscendit altitudinem, ad quam prius in aqua dulci attollebatur, antequam scilicet aquam salsam attingeret. Porro non omnes sales eidem frigori producendo pares sunt. Si in praedicto experimento tria salium genera adhibeantur, scilicet *sal commune* seu *culinare*, *sal ammoniacum* et *sal petrae*; inter tres hos sales primus minimum, postremus maximum effectum producit. Pro aquae varietate aliquod etiam circa frigoris gradum discrimen observatur. Nitri ope frigus producitur intensum, quod manu vitrum tenente facile sentitur. Interdum etiam exterior vitri superficies tenui veluti nebula obducitur. Iccirco ut vinum aliaeque potiones refrigerentur tempore aestivo, hae immitti solent aquae, in qua nitrum solutum sit.

Vulgatissimum omnibusque notissimum iam memoravimus artificium, quo glacies nivis aut glaciei et nitri mixtione parari solet. At sine glaciei auxilio solius salis ope glacies obtineri potest. Quod quidem commodissimum est, si parata ad manus non sit glacies. Adhibeatur aqua frigidissima et congelationi proxima. Frigoris gradus maxime augebitur, soluta salis ammoniaci parte tertia. Huic mixturae immittatur vas aquam aliam frigidissimam continens, haec aqua maiorem adquiret frigoris gradum. In ipsa eadem aqua ite-

rum solvatur sal ammoniacus, atque repetita operatione obtinebitur tandem aqua sale permixta, quam glacie ipsa multo frigidiorem esse, thermometro constabit. Quare si tali aquae immittatur ampulla aquam continens, haec ultima aqua in glaciem concrescet, ipsumque glaciei frigus adquiret. Suspicatur vir clar. de Mairan, sine glacie et sale glaciem produci posse. Quae quidem coniectura non caret verisimilitudine. Et quidem certissimum est, aquam intensissimum frigoris gradum concipere, si in vase ex porosa terra conflato aëri currenti obiiciatur. Idem est experimenti successus, si aqua infundatur ampullae, circumposito linteo aqua imbuto, et aëris perflantis directioni exponatur. Frequentissimum est hoc refrigerandae aquae artificium in AEgypto, apud sinas aliosque populos plurimos.

Frigoris gradum ad glaciei *naturalis* formationem necessarium indicat altitudo, ad quam spiritus vini subsistit in thermometro; ubi nempe thermometri globulus immergitur glaciei aut nivi, quae iam solutioni proxima sit, nec congelatio apparet, antequam thermometri liquor hunc gradum attigerit. Non tamen glacies statim solvi deprehenditur, ubi spiritus vini in thermometro adscendit, certissimisque experimentis compertum est, lentiorem esse glaciei solutionem, quam sit ipsa formatio. Porro utilitatis causa observare non abs re erit, ad tuendam hominum valetudi-

nem necessarium omnino esse lentum frigoris calorisque progressum. Hinc D. O. M. infinita providentia conservationi nostrae consuluit, instituta admirandis legibus tempestatum vicissitudine. Et re quidem ipsa subitanea ferventioris caloris intensique frigoris vicissitudo nostra corpora necaret, animamque intercluderet. Si conclave, dum rigidissimo gelu aquae tenentur, igne calefiat ita, ut aestivi temporis calorem adaequet, nullus mortalium tantum calorem ferre posset, sed viribus resolutus deficeret. Quae quum ita sint, saluti suae parum invigilant homines, qui frigore aut gelu correpta aliqua corporis parte, statim in igne promtoque calore remedium quaerunt, quod quidem faciunt incaute omnino atque imprudenter. Etenim nimia caloris succedentis velocitas non sinit, ut corporis partes amissum recuperent ordinem, sed potius universum *oeconomiae animalis*, systema labefactant atque omnino perturbant. Quare satius est, immo necessarium, corporis partem frigore geluque rigescentem nivi per aliquod tempus subiici, antequam calidiori aëri obiiciatur. Et certe si fructus, carnes aliaque corpora gelu et frigore correpta calori exponantur, haec statim tabescere et corrumpi observantur. At si in aqua frigida deponantur ita, ut conglaciata desuper crusta protegantur, hac sensim ablata, integra prorsus inveniuntur cor-

pora illa ex aqua extracta. Ita pomum, quod in frigida aqua servatum fuit, eumdem praesefert saporem, quem antea congelationem habuerat. Neque etiam superfluum erit, heic data occasione subiungere, perniciosissimum atque saluberrimum esse posse frigidi potus usum pro diversa corporis nostri conditione. Si vehementiori exercitatione aut qualibet alia corporis agitatione vel *physica* vel *mechanica* aliquis aestuaverit, caloremque nimium contraxerit; id summopere vitare debet, quod refrigerationem interius vel exterius adferre possit. Ex imprudenti balneorum frigidorum usu subitaneam mortem non raro originem habuisse, testantur doctissimi medici, inter quos Lancisius *lib. 2. de morbis subitaneis*. Etenim frigoris impressio solidas corporis animalis partes constringit, fluidas autem condensat, atque talis esse potest effectus, ut partium solidarum actio, fluidarum autem motus nimis minuatur. Hinc maxime turbari potest tota corporis machina. Hinc nascuntur in canalibus obstructiones, et frequentissima in humorum secretionibus impedimenta, ex quibus innumera morborum genera. Ex potionis frigidioris abusu intelligitur quoque illius usus. Si nempe nimia sit in fibris extensio, relaxatio, nervorumque, ut dicunt, *atonia*, in his casibus utilissime adhibentur portiones frigidae. Quae quum ita sint, mirum esse non debet, quod

vir clar. Hoffmannus duo ediderit opuscula, quorum unum inscribitur : *de frigido potu vitae et sanitati hominum inimicissimo* , alterum vero: *de aquae frigidae potu salutari.*

SECTIO III.

De astronomia.

Astronomia est ea : *physicae pars* , *quae corporum coelestium motus* , *ordinem* , *magnitudinem contemplatur* , *et eorumdem motuum leges atque causas expendit*. Hinc patet , duas esse praecipuas astronomiae partes. Prima , quae vocatur *theoretica* , diversa corporum coelestium phaenomena considerat , eaque ad calculum revocat. Alia autem , quae astronomia *practica* dicitur , corporum coelestium mensuras mutuasque positiones determinat. Itaque duo primum esse efferunt huius sectionis capita. Verum quia ad astronomiam referuntur *calendarii* et *chronologiae* elementa , de calendario et chronologia quoque tertium caput subiungemus.

CAPVT I.

De variis corporum coelestium phaenomenis et motibus.

Antequam coelestium motuum veras leges explicare adgrediamur, universam coelestem sphaeram, qualem nempe oculis nostris sese conspiciendam praebet, primum contemplabimur. Deinde veram corporum coelestium dispositionem expendemus; illorumque motus calculo subiiciemus. Recta docendi ratio postulat, ut amplissimam hanc materiam in diversos articulos dividamus atque contrahamus.

ARTICVLVS I.

De mundi systemate, quale oculis apparet, et de sphaera coelesti.

DEFINITIO. I.

Spectatori terrestri coelum apparet tamquam superficies sphaerica concava, stellis plurimis distincta, cuius ipse spectator centrum occupat, quaeque circa puncta fixa veluti cardines ob ortu ad occasum aequabiliter convertitur, et 24 circiter horis integram revolutionem absolvit. Puncta illa op-
38. posita *P*, *Q*, circa quae rotare videtur

sphaera, *poli* mundi dicuntur, quorum is, qui nobis conspicuus est, ut P, *arcticus* vel *borealis* dicitur, ipsi vero oppositus Q *antarcticus* seu *australis* appellatur. Recta linea PQ utrumque polum connectens *axis mundi* vocatur. *AEquator* sive *aequinoctionalis* est circulus sphaerae coelestis maximus AD, cuius poli iidem sunt cum polis mundi, proindeque sphaeram mundanam dividit in duo hemispheria, *boreale* APD, in quo est polus borealis P, et australe AQD, in quo est polus australis Q. Stellae singulae in circulis HI, FG, aequatori AD parallelis, communi sphaerae coelestis motu revolvi quotidie videntur. *Fixae* nominantur, quae eamdem inter se distantiam perpetuo servant; *erraticae* vero seu *planetae* vocantur, quae distantias suas á fixis mutant, et motu proprio ferri conspiciuntur. Planetae sunt septem *sol*, *luna*, *mercurius*, *venus*, *mars*, *iupiter* et *saturnus*. Inter planetas tellurem non recensemus. Heic enim consideramus spectatorem terrestrem tamquam immotum.

Defin. II. *Ecliptica* est circulus sphaerae maximus EL, quem centrum solis proprio motu ab occasu ad ortum singulis annis describere videtur. Hic circulus aequatorem oblique intersecat sub angulo inclinationis ACE $23^\circ \frac{1}{2}$ circiter. Puncta duo opposita, in quibus aequator et ecliptica sese mutuo

secant, *aequinoctialia* dicuntur. Puncta autem *solstitialia* appellantur eclipticae puncta duo opposita *E*, *L*, quae a punctis aequinoctialibus toto circuli quadrante distant, quaeque proinde maxime recedunt ab aequatore, et in quibus adscensus solis supra aequatorem et descensus infra eumdem terminatur. Puncta *N*, *O* ab ecliptica 90° distantia dicuntur illius *poli*, et linea *ON* praedicta puncta iungens, *axis eclipticae*. Circulus maximus *PnQm*, qui transit per utrumque polum et puncta aequinoctialia, appellatur *colurus aequinoctiorum*. At *colurus solstitiorum* dicitur circulus maximus *PAQG*, qui per utrumque polum et per puncta solstitialia traducitur. Cur vero aequinoctialibus et solstitialibus punctis haec facta sint nomina, in astronomiae progressu explicabimus. *Signum coeleste* est duodecima pars eclipticae: et in 30 gradus iterum dividitur. Sex sunt signa borealia per borealem eclipticae partem distributa, hisque nominibus designata: *aries*, *taurus*, *geminis*, *cancer*, *leo*, *virgo*. Sex autem australia: *libra*, *scorpius*, *sagitarius*, *capricornus*, *aquarius*, *piscis*.

Defin. III. *Zodiacus* est sphaerae coelestis portio seu zona *EL* duobus circulis eclipticae parallelis, et gradibus 8 vel 9 hinc inde ab ecliptica distantibus terminata, sub qua planetae omnes motus suos absolvunt. Dum planeta ab occasu in ortum seu secun-

dum *ordinem signorum*, aut quod idem significat, in *signa consequentia*, nimirum ab ariete ad taurum, a tauro ad geminos cet. motu proprio fertur; ille planeta tunc temporis *directus* vocatur. Dum autem planetae motus proprius cessare videtur, seu dum planeta in eodem coeli puncto morari per aliquot dies cernitur, eumdem situm fixarum respectu servans, *stationarius* dicitur. *Retrogradus* tandem appellatur, ubi contra *signorum ordinem* seu *in antecedentia*, nempe a tauro ad arietem, ab ariete ad pisces cet. proprio motu incedit.

Defin. IV. *Circuli declinationis* seu *circuli horarii* sunt circuli maximi per mundi polos transeuntes, et proinde aequatori perpendiculares. Sideris vel puncti cuiuslibet in sphaera mundana *declinatio* est arcus circuli declinationis inter sidus vel datum punctum et aequatorem interceptus. *Adscensio recta* sideris est arcus aequatoris inter initium arietis et circulum declinationis sideris illius comprehensus, ac secundum ordinem signorum numeratus. *Circuli latitudinis* siderum sunt circuli sphaerae maximi per polos eclipticos et per sidera transeuntes, atque ideo eclipticae perpendiculares. Hinc *latitudo* sideris est arcus circuli latitudinis inter sidus et eclipticam interceptus. *Longitudo* sideris est arcus eclipticae ab arietis initio versus ortum, seu in consequentia usque ad latitu-

Fig dinis circulum numeratus. Punctum intersectionis eclipticae cum circulo latitudinis sideris dicitur locus sideris *eclipticus*, sive locus *in ecliptica*, vel locus *ad eclipticam reductus*.

Defin. v. Si per locum quemvis *S* in su-
39. perficie terrae ducatur per terrae centrum *T* linea recta *ZSN*, quae sphaerae coelesti occurrat in *Z* et *N*, punctum *Z* dicitur loci *S* *zenith* seu vertex, et punctum *N* vocatur eiusdem loci *nadir*. *Horizon sensibilis* seu *apparens* loci *S* est sphaerae circulus *hurx*, centrum habens in *S*, et polos in *Z* et *N*. *Horizon rationalis* seu *verus* est circulus *HVRX* centrum habens in *T*, et polos in *Z* et *N*, ideoque horizonti sensibili parallelus.

Circulus *verticalis* est circulus quilibet maximus *ZVNX* per zenith atque nadir et per aliud quodcumque punctum in sphaera mundana transiens, ideoque horizonti perpendicularis. *Meridianus* est circulus verticalis *ZHNR* per polos mundi *P*, et per zenith *Z* et nadir *N* pertransiens, ac proinde aequatori perpendicularis, et circulos omnes aequatori parallelos bifariam dividens. Intersectio plani meridiani cum plano horizontis *HR* vel *hr* dicitur *linea meridiana*. Circulus verticalis primarius dicitur verticalis ille, qui per polos meridiani transit. Sit *ZVNX* verticalis primarius horizontem rationalem *HVRX* intersecans in *V* et *X*, quem meridianus etiam

secat in *H* et *R*. Puncta quattuor *R*, *X*, *H*, *V* dicuntur *cardines mundi*: punctum quidem *R* in hemisphaerio boreali cardo *septentrionalis*, *H* cardo *meridiei*, *V* ad partes orientis cardo *orientis*, et punctum oppositum *X* cardo *occidentis*. Distantia horizontis apparentis ab horizonte vero sive telluris semidiameter *ST* sensibilis non est, si conferatur cum stellarum distantiis, et ideo terra respectu sphaerae stellarum tamquam punctum, et quilibet terrae locus tamquam huius sphaerae centrum considerari potest. Nam omnes fere astronomorum observationes id supponunt, factaque hac hypothesi, computationes astronomicae cum phaenomenis coelestibus quadrant. Porro quemadmodum singula terrae loca pro centro sphaerae stellarum usurpari possunt, ita fingi potest in spatiis coelestibus sphaerica superficies, cuius tanta sit diameter, ut illius respectu evanescat solis vel stellae datae á tellure distantia, et huius sphaerae centrum poterit indiscriminatim collocari vel in terra vel in sole aut in spatio intermedio.

Defin. VI. *Altitudo poli P* supra horizontem est meridiani arcus *PR* a polo ad horizontem interceptus. Ea semper aequalis est arcui *ZE* a vertice *Z* ad aequatorem *EQ* intercepto. Nam si ex circuli quadrantibus *ZPR*, *EZP* subducatur arcus communis *ZP*, remanebunt arcus aequales *EZ* et *PR*. *Al-*

Fig. *titudo aequatoris* supra horizontem est arcus meridiani *EH* inter aequatorem et horizontem comprehensus. AEqualis est complemento altitudinis poli seu arcui *ZP*, quod quidem, ablato ex quadrantibus *HEZ* et *EZP* communi arcu *EZ*, manifestum est. *Altitudo apparens* sideris vel puncti cuiuslibet *L* in sphaera mundana est angulus *Lsu*, sub quo ex centro *S* horizontis sensibilis videtur arcus *Lu* circuli verticalis per *L* ducti usque ad horizontem sensibilem *hurx*. Altitudo *vera* puncti *L* est angulus *LTV* seu ipsius mensura, arcus scilicet *LV* in circulo verticali per *L* ducto usque ad horizontem rationalem *HVRX*. Quare stellarum fixarum altitudines apparentes et verae coincidunt, *secundum hanc rationem consideratae*.

Prob. 1. APPARENTES SIDERVM ALTITVDINES OBSERVARE.

Circuli quadrans *SAB*, cuius limbus
40. *ACB* in gradus et minuta divisus est, ita statuatur, ut filum *SCD* pondere *D* tensum, ideoque verticale, limbum illius radat. Deinde ita vertatur, ut sidus *L*, cuius altitudo observanda est, per *dioptras* aut per telescopium lateri *SB* adfixum videatur in eodem latere *SB* producto. Quo facto, habetur arcus *AC* mensura altitudinis apparentis. Nam quum filum e quadrantis centro *S*

pendens sit semper in plano verticali, quadrans *ASB* erit etiam in eodem plano; ideoque *hr* ad *SD* perpendicularis, erit intersectio horizontis sensibilis et plani verticalis per *L* ducti, atque angulus *LSh* erit sideris *L* altitudo apparens. Sed si ab angulis rectis *lSA* et *hSC* subducatur communis *hSA*, remanent aequales anguli *LSH* et *ASC*. Huius vero mensura est arcus *AC*.

Defin. VII. Si saepius observetur tum motus solis in ecliptica, tum ipsius diameter apparens, quam fieri potest, accuratissime; circa datum punctum in plano describi poterit curva similis orbitae, quam sol circa terram percurrere videtur. Nam quum diametri solis apparentes sint reciproce, ut ipsius a tellure distantiae, ex datis diametris apparentibus dantur distantiarum rationes, et ex dato solis motu in ecliptica, dantur anguli inter distantias illas contenti. Dies *solaris* est tempus unius revolutionis diurnae solis a meridiano ad eumdem meridianum. Dies autem *sidereus* seu *primi mobilis*, ut dicunt, qui semper idem manet, est tempus revolutionis diurnae stellae fixae a meridiano ad eumdem. Si stellae fixae et sol in eodem meridiano simul observentur, stella ad eumdem meridianum prius redibit quam sol. Praeterea collatis aequinoctiorum et solstitiorum observationibus innotuit, solem intervallo 8 fere dierum diutius morari in signis borealibus quam

in australibus. Ac tandem aequinoctiorum et solstitiorum antiquas observationes cum recentioribus comparando definita est quantitas *anni aequinoctialis*, sive tempus, quo sol motu proprio ab uno aequinoctio ad idem aequinoctium, vel ab uno solstitio ad idem solstitium progreditur, et ab auctoribus calendarii gregoriani constituta est 365 dier. 5. hor. 49'. Data autem quantitate anni aequinoctialis datur motus solis medius pro quolibet dato tempore; hoc est, motus, qui soli competeret, si uniformiter in ecliptica progrederetur. Est enim, ut 365d 5h 49' ad tempus datum, ita 360°, quos sol anni aequinoctialis tempore describit proprio motu, ad arcum eclipticae dato tempore conficiendum. Hac proportione arcus eclipticae anno communi 365d describendus est 11 signorum 29° 45' 40''; die uno est 59' 8'' 20''', hora una est 2' 28'', minuto uno 2'' 28'''. Arcus aequatoris, qui dato tempore sub meridiano transit, simili modo invenietur, dicendo, ut 24 horae sidereae ad tempus datum; ita 360° ad arcum quaesitum. Is ergo una hora erit 15°; minuto uno primo erit 15', minuto secundo 15''. Quum autem sol die uno describat motu proprio ad aequatorem relato arcum 59' 8'' 20''' ab occasu ad ortum; ut inveniatur arcus aequatoris dato tempore solari medio sub meridiano transiens, dicatur: ut 24 horae sola-

res ad datum tempus solare, ita 360° 59′ 8″ 20‴ ad arcum quaesitum. His igitur proportionibus tempus solare medium vel tempus sidereum convertitur in gradus aequatoris. Facile autem patet ex dictis, diem solarem medium aequalem esse 24 horis sidereis cum 3′ 56″ 32‴. Iam vero si adhibitis observationibus accuratissimis conferantur diametri apparentes solis cum illius angulari velocitate circa terram, apparet, areas, quas sol radio ad terram ducto describit, esse temporibus proportionales, solisque orbitam non multum differre a circulo, et haberi posse pro ellipsi, cuius focum alterum occupat terra. Est autem solis diameter apparens maxima 32′ 40″ et minima 31′ 36″. Et ideo maxima distantia solis a terra est ad distantiam minimam ut 32′ 40″ ad 31′ 46″, sive 1960 ad 1896 circiter, sive ut 245 ad 237. Fig.

Defin. VIII. Ex praecedentibus patet, in sphaera coelesti sex circulos maximos potissimum numerari, nempe *aequatorem*, *meridianum*, *horizontem*, *zodiacum* et utrumque *colurum*. Praeter circulos sex maximos considerari etiam solent in sphaerae coelestis doctrina quattuor praecipui minores circuli. Circuli *MN*, *OV*, qui aequatori paralleli per polos zodiaci *N*, *O* transeunt, sive qui a polis zodiaci describuntur, dum sphaera circa proprium axem convertitur, *po-* 38.

lares vocantur; *arcticus* quidem *MN*, qui circa polum arcticum; *antarcticus* vero *OV*, qui circa antarcticum. Circuli denique aequatori paralleli *FG*, *HI*, qui per puncta solstitialia *E* et *I* ducuntur, sive a punctis solstitialibus describuntur, dum sphaera circa polos mundi rotatur, *tropici* dicuntur. Qui polo arctico proximior est *FG* *tropicus cancri* dicitur; qui autem ad polum antarcticum accedit *HI*, *tropicus capricorni* vocatur. Porro quum polares circuli a polis eclipticae describantur, evidens est, circulorum illorum a polis mundi distantiam esse 23° 29′. Quia vero tropici duo describuntur a punctis solstitialibus, quae ab aequatore distant 23° 29′, patet quoque, tropicorum ab aequatore distantiam eamdem esse, nempe 23° 29′. Ceterum evidens est, omnes coelestes circulos ad telluris superficiem transferri posse. Itaque *axis telluris* dicitur pars axis mundi per telluris centrum transiens, telluris superficie terminata in punctis duobus, quae *poli terrae* vocantur. Polus nobis conspicuus *borealis* vel *arcticus*, alter autem *australis* vel *antarcticus* appellatur. Intersectio plani aequatoris coelestis cum telluris superficie dicitur *aequator terrestris*, aut etiam circulus *aequinoctialis*. Quare latitudo loci cuiusvis in superficie terrae est eius distantia ab aequatore, sive est meridiani terrestris arcus inter locum datum et

aequatorem interceptus. Vnde patet, latitudinem loci in superficie terrae numero graduum aequalem esse declinationi coelesti verticis eiusdem loci seu altitudini poli. Simili ratione alii quilibet circuli ad telluris superficiem referuntur. Verum ut tota haec sphaerae coelestis doctrina tironibus perspicue explicetur, in memoriam revocari debent, quae de planorum proprietatibus in geometria demonstravimus, atque etiam oculis subiicienda *armillaris*, ut vocant, sphaera, circulis ligneis vel metallicis, eo, quem enumeravimus, ordine distincta. Fig.

Defin. IX. Superest iam, ut siderum parallaxim breviter explicemus. Distantia locorum in sphaera coelesti, ad quae sidus vel phaenomenon quodvis e superficie telluris et ex eius centro spectatum refertur, sive arcus circuli maximi inter illa duo loca interceptus, ipsius sideris aut phaenomeni *parallaxis* appellatur, quae proinde nulla est, nisi terrae semidiameter sensibilem habeat rationem ad distantiam sideris a terra. Sit T 41. centrum telluris ac coeli, A oculus in superficie terrae, Z zenith loci A, Q sidus vel phaenomenon quodvis, CQP verticalis per Q transiens, $ZSXH$ verticalis in superficie sphaerae coelestis, ABE verticalis in superficie terrae, HT horizon rationalis, et Ah horizon sensibilis. His ita constitutis, locus *physicus* sideris Q est punctum illud, in

quo sideris centrum haeret. Locus *opticus apparens* seu *visus* est punctum V in superficie sphaerae coelestis, in quo recta ex oculo A per centrum sideris Q ducta terminatur. Locus *opticus verus* est punctum S in superficie sphaerae coelestis, in quo terminatur rècta linea TQS ex terrae centro T per Q ducta. Parallaxis est arcus SV, sive differentia duorum locorum opticorum. Angulus *parallacticus*, qui plerumque etiam parallaxis vocatur; est angulus AQT, quem in centro sideris efficiunt rectae AQ et TQ, ex oculo A et ex centro terrae T ad sideris centrum Q ductae. Parallaxis *altitudinis*, quae et parallaxis *simpliciter* dicitur, est differentia inter distantiam ZV a zenith Z ex loco A visam, et distantiam veram ZS, sive est arcus SV in circulo verticali $ZSVH$. Quare manifestum est, altitudinem sideris veram per parallaxim minui, et eius a vertice distantiam augeri. Parallaxis *horizontalis* est parallaxis Xh sideris P in horizonte sensibili Ah apparentis.

Prop. 1. Arcvs SV est mensvra angvli parallactici AQT.

Demonst. Etenim iungatur TV, erit angulus externus AQT aequalis duobus internis oppositis QTV, QVT; sed angulus QVT sive AVT, evanescente AT respectu TV,

nullus est; ergo angulus parallacticus *AQT* aequalis est angulo *QTV* seu *STV*, cuius mensura est arcus *SV*.

Prop. II. Manente sideris a centro terrae distantia, sinvs parallaxeos est ad sinvm distantiae sideris visae a vertice in ratione data semidiametri tellvris ad distantiam sideris a centro terrae.

Demonst. Nam in triangulo *AQT* est *AT* ad *QT* in ratione sinus anguli parallactici *AQT*, seu sinus parallaxeos ad sinum anguli *TAQ*, sive ad sinum distantiae visae *ZV* a vertice, et ideo datis *AT* et *QT*, data est ratio sinuum illorum. Hinc patet, sideris in vertice Z constituti parallaxim esse nullam: eamdem crescere cum distantia a vertice, et in horizonte fieri maximam. Hinc etiam colligitur, sinus parallaxium in paribus sideris a centro terrae distantiis esse, ut sinus distantiarum visarum a vertice, et ideo si detur parallaxis sideris in aliqua a vertice distantia, dabitur in alia quavis distantia a vertice.

Prob. II. Data sideris *Q* parallaxi *AQT* cvm angvlo *ZAV* sev distantia apparente a vertice, invenire in semidiametris terrae tvm distantiam *QT*

SIDERIS Q A CENTRO TERRAE, TVM DISTANTIAM EIVS AQ A LOCO A.

Dato angulo ZAQ, datur TAQ supplementum illius ad duos rectos. Vnde ob datum etiam angulum AQT dantur tres anguli trianguli QAT, ac proinde datur ratio laterum inter se. Hinc data sideris P parallaxi horizontali, si inferatur: ut sinus parallaxeos ad sinum totum, ita semidiameter telluris AT ad quartum; obtinebitur distantia PT sideris a centro terrae ob angulum TAP rectum.

Prop. III. SINVS PARALLAXEON SIDERVM Q ET q IN AEQVALIBVS DISTANTIIS APPARENTIBVS A VERTICE SVNT IN RATIONE RECIPROCA DISTANTIARVM SIDERVM A CENTRO TERRAE.

Demonstr. Etenim ut sinus parallaxeos AQT ad sinum anguli ZAV, ita est AT ad QT; et ut sinus anguli ZAV ad sinum parallaxeos AqT, ita qT ad AT*. Ideoque

* *Hoc est:* $\sin. AQT : \sin. ZAV = AT : QT$. *Vnde* $\sin. AQT \times QT = \sin. ZAV \times AT$. *Praeterea* $\sin. ZAV : \sin. AqT = qT : AT$. *Vnde* $\sin. ZAV \times AT = \sin. AQT \times qT$. *Igitur* $\sin. AQT \times QT = \sin. AqT \times qT$. *Adeoque* $\sin. AQT : \sin. AqT = qT : QT$.

ex aequo sinus parallaxeos *AQT* est ad sinum parallaxeos *AqT*, ut *qT* ad *QT*. Hinc patet, siderum in eadem altitudine apparente exsistentium illud habere maiorem parallaxim, quod minus distat a centro terrae. Porro huius doctrinae frequens recurret usus in physices progressu. Fig.

ARTICVLVS II.

De variis mundani systematis hypothesibus.

I.

Ceteras inter hypotheses, quae ad explicanda coelestium corporum phaenomena inventae sunt, illa prior nobis occurrit, quae *ptolemaica* dici solet, non quod Ptolemaeus omnia docuerit, quae de illa hypothesi exponi solent, sed quia ab illo praecipuum veluti lumen ac nomen ipsum accepit.

In mundi centro *C* inmmobilis terra sta- 42.
tuitur. Hanc diversae ordine suo ambiunt sphaerae. Prima est *lunae*, post hanc *mercurii*, deinde *veneris*, tum *solis*, deinde *martis*, postea *iovis* ac tandem *saturni*. Praedictas sphaeras complectitur fixarum sphaera *RSU*, quam *firmamentum* appellant. Fixarum orbem amplectuntur coeli duo, quos *crystallinos* vocant. Horum primum dicitur *sphaera nona*, alterum verum *decima*. Se-

quitur tandem et coelum undecimum, quod *primum mobile* vocatur. Duodecimum coelum addiderunt alii, quod *empyreum* dixerunt, et in eo beatorum sedem constituebant. Iam vero in hypothesi ptolemaica diurnus siderum et planetarum omnium motus ab ortu in occasum a primo mobili omnibus coelis inferioribus imprimitur. Motus autem proprius siderum ab occidente in orientem a firmamento vel sidereo coelo producitur. Singulorum vero planetarum motus ab occidente in orientem a proprio coelo oritur ita, ut horum omnium periodus illo temporis spatio absolvatur, quod ex astronomicis observationibus in planetis singulis definitur. Duos coelos crystallinos in astronomiam invexit Alphonsus rex Castellae, cognomento sapiens, astronomicarum rerum peritissimus. Primo crystallino tribuebatur motus, quem *librationis* motum appellant; ad explicandum scilicet motum, quo stellae fixae 70 annorum spatio, uno circiter gradu versus orientem progredi videntur. Alteri autem crystallino tribuebatur *trepidationis*, quem dicunt, motus, ad explicandum nempe motum, quo sphaera coelestis ab uno polo ad alterum quasdam veluti oscillationes absolvere credebatur.

Explicandae supererant variae planetarum a terra distantiae illorumque retrogradationes ac stationes. Planetas in circulis terrae ex-

centricis revolvi, ponebant veteres astronomi, atque ita facili negotio diversas a terra planetarum distantias expediebant. Vt autem adferrent rationem, cur planetae modo *directi*, modo *retrogradi*, aliquando *stationarii* appareant, in ipsa circuli excentrici circumferentia revolvi intelligebant circuli minoris centrum; hunc vero minorem circulum appellarunt *epicyclum*: circulum autem excentricum vocabant *deferentem*. Iam fingatur, circulum deferentem illiusque epicyclum moveri motu uniformi ab occidente in orientem secundum ordinem signorum, et utrumque circulum circa proprium centrum eodem tempore revolvi; spectator in centro *deferentis* collocatus hunc circulum moveri videbit secundum ordinem signorum. At eidem spectatori epicyclus moveri non apparebit secundum hanc directionem, nisi in parte superiori *deferentis*, in parte autem inferiori motu apparenti videbitur progredi contra signorum ordinem. Id quidem ex ipsa spectatoris positione respectu epicycli facile colligitur. Praeterea quum motus directus epicycli in retrogradum abeat, mutationem hanc per gradus fieri manifestum est, ac proinde *deferentis* motu manente uniformi, ipsum epicycli motum variabilem apparere necessum est. Vt autem rei totius distincta notio habeatur, per centrum circuli deferentis seu oculum spectatoris, et per ipsum epicycli cen-

trum ducta intelligatur recta ad superiorem epicycli circumferentiam terminata. Punctum rectae superius designabit maiorem a terra distantiam seu *apogaeum*, ut vocant; punctum autem inferius distantiam minorem seu *perigaeum*. Diameter epicycli ad hanc rectam perpendicularis hunc dividet in duas partes aequales, superiorem et inferiorem. In puncto apogaei motus apparet directus, qualis re vera est, et velocitas *apparens* non differt a velocitate vera seu *reali*. In sequente circuli quadrante motus quidem manet directus, at velocitas apparens reali velocitate minor est; quum motus directus ad retrogradum vergat. In secundo circuli quadrante motus directus abit in retrogradum, qui motus perpetuo crescit ad totam usque semicircumferentiam, ubi directo motui aequalis fit; in altera semicircumferentia res ordine inverso peragitur. Evidens autem est, stationem denique fieri in transitu e motu directo in retrogradum, vel e retrogrado in directum.

In hac hypothesi eodem tempore moveri ponuntur tum *deferens* tum *epicyclus*. Ac proinde respectu spectatoris res perinde se habet, ac si epicyclus in circuli *deferentis* immoti peripheria moveretur. Quare diversae circulorum velocitatis nulla ratio habenda est. At in alio quolibet casu motuum compositio considerari debet. Punctum perigaei, quod

ad planum circuli deferentis pertinet et ad ipsam epicycli circumferentiam, duplicem admittit motum, unum scilicet, qui ex ipso deferente originem habet secundùm ordinem signorum, alterum vero contra signorum ordinem, qui erit directus epicycli motus. Hic autem motus ob perigaei motum mutatur in retrogradum. Hinc patet, ex geometria colligi posse varias in *deferente* et *epicyclo* motuum hypotheses, quae recensitis planetarum phaenomenis satisfaciant. Quamvis autem hypothesis ptolemaica difficilioribus laboret motuum ambagibus, eam tamen ingeniosissime excogitatam fuisse, fatendum est. At negari non potest, systema illud, in quo mercurii ac veneris orbitae tellurem ambiunt, astronomicis observationibus omnino repugnare. Observatur enim, venerem modo ultra, modo citra solem revolvi, quod de mercurio constanter etiam demonstrant observationes astronomicae. Hinc illud in confesso est apud omnes, venerem et mercurium circa solem revolvi, minime vero circa terram, ut fingebat Ptolèmaeus, ita tamen ut orbita mercurii ab orbita veneris contineatur. Praeterea mars aliquando nobis fit sole vicinior. Mars enim perigaeùs ex observationibus astronomicis telluri proximior apparet quam sol; quod fieri nequaquam posset, quum orbita martis orbitam solis contineat. Haec mercurii, veneris et martis phaenomena pri-

mis ptolemaici systematis auctoribus ignota fuere.

Neque est, quod coelorum soliditatem refellamus. Hanc prorsus evertunt cometae, qui libere ab altissimis spatiis circa nos ad solem delapsi, inde rursus emergunt, atque huc illuc sine certa lege vagantur. Haec coelorum omnium soliditas, etiamsi diaphaneitas foret maxima, luminis transmissionem ad immensa spatia tandem interciperet. De coelorum substantia nihil definiverat Ptolemaeus, solida ne potius, an tenuis haberi debeat. Posteriores quidam astronomi coelos solidissimos esse voluerunt, ut admirabilis motuum coelestium constantia coelorumque incorruptibilitas salvari possent. At constantes, quas observamus motuum coelestium leges, iam breviter explicavimus in physica generali, et in sequenti capite fusius evolvemus. Quod spectat ad coelorum incorruptibilitatem, observationibus astronomicis certissimum est, in sole et planetis nasci maculas, variasque accumulari materiae congeries, quae tandem evanescunt atque dissipantur. Nullum dubium est, quin planetae, non secus ac tellus nostra, variis intestinis motibus sint obnoxii, ac proinde etiam frequentissimas mutationes patiantur. Quare generalis materiae corruptio ad corpora quaelibet etiam remotissima extendi debet, quum *motus sit corruptionis et generationis principium.*

II. Aliam mundani systematis hypothesim excogitavit Tycho Braheus nobilis danus. Haec hypothesis, quae ab auctore *tychonicae* nomen obtinuit, tellurem in centro *T* universi collocat: circa terram proxime revolvitur luna, dein sol, qui licet moveatur, ipse tamen est centrum motus reliquorum planetarum ita, ut solem statim ambiat orbita mercurii, postea veneris, deinde martis, tandem post martem veniunt iupiter et saturnus. Orbitae martis, iovis et saturni terram continent, atque orbitam lunae, sed orbitae veneris et mercurii terram lunaeque orbitam perpetuo excludunt. Martis vero orbita ita solem terramque complectitur, ut illius orbita orbitam solis intersecet, nempe mars aliquando terrae proximior est, quam sit ipse sol. Omnium tandem planetarum orbitas fixarum sphaera complectitur. Haec autem sphaera non ponitur immobilis, sed duplici agitur motu, uno scilicet, quo circa tellurem ab ortu in occasum fertur tempore 24 hor. altero autem, quo lentissime progreditur ab occasu in ortum sub zodiaco tempore 25000 annorum. Itaque in hypothesi tychonica sidera, sol et luna circa terram 24 horarum spatio simul cum ceteris planetis ab ortu in occasum feruntur. Hoc autem a tychonicis ita exponi solet, ut luna quidem, sol et sidera secundum zodiacum lenta periodo ab occasu in ortum

Fig. 43.

Fig. moveantur; interim tamen singulis diebus circa terram ex ortu in occasum circulos aequatori parallelos describant. Dum vero sol circa terram 24 horarum spatio convertitur, planetas omnes secum circumvehit et abducit, ut ipsi quoque eodem tempore circa terram circulos excentricos peragere videantur. Atque ita quidem diurnus siderum et planetarum omnium motus circa tellurem, et proprius circa solem et terram ipsam, inaequalis etiam magnitudo vel distantia planetarum a terra in hac hypothesi explicantur. Sed explicandum adhuc supererat, qua ratione directiones, stationes, retrogradationes planetarum fierent, et cetera sequerentur phaenomena, quae in planetis deprehenduntur.

Itaque quum animadverteret superioris saeculi decus Iohannes Keplerus, duplicem motum in hac hypothesi planetis concedi, alterum quidem, quo circa terram abducerentur a sole, alium vero, quo interim certa quadam periodo circa solem moverentur; ex utroque motu, *abductionis* a sole circa terram et *conversionis* circa solem, tertium motum instar spiralis componi demonstravit. Iam

45. tellus in centro *T* posita sit, circa quam moveatur sol in circulo *ABCD*, secumque abripiat iovem circa terram, dum ille interim lentiori motu circa solem movetur. Si iupiter ex *F* tendat in *G*, celerius moveri videbitur secundum signorum ordinem; quum

duplici motu, proprio nimirum et alio, quo a sole abripitur, versus eamdem partem feratur, ideoque *directus* vocabitur. Si et G in *H*, vel ex *I* in G moveatur, *stationarius* dicetur, quod ibi fere quiescat, et sub eodem firmamenti loco appareat. Si denique ex *H* moveatur in *I*, *retrogradus* erit; videbitur enim ex ortu in occasum regredi. Quum itaque singulis annis unicam convolutionem vel spirae partem planetae circa solem describant, neque tamen integram periodum suam circa ipsum vel circa terram singulis annis perficiant; necessum est, ut integra spira, quae circa solem a iove describitur, paucioribus convolutionibus componatur, spira autem saturni pluribus, et ita de aliis planetis. Quare frequentiores esse debent retrogradationes in iove quam in marte, et in saturno quam in iove.

Haec quidem hypothesis cum phaenomenis, quae ad siderum motum, distantiam, magnitudinem pertinent, satis feliciter consentit. At communis est opinio, illam a physicae legibus abhorrere. Tychonicum systema prorsus evertere videntur incredibiles illi motus omnino oppositi, qui eidem corpori conceduntur, soli nimirum, lunae et fixis sideribus, ut diurno motu circa tellurem ab ortu in occasum ferantur; eodemque tempore certa periodo secundum zodiaci obliquitatem ab occasu in ortum progrediantur.

Hinc factum est, ut systema tychonicum temperare satius existimaverint nonnulli, motum diurnum circa proprium axem telluri tribuendo; dummodo tamen nihil amplius de annuo telluris motu quaereretur. Verum an systema tychonicum accuratiori physicae satisfaciat, definiri non potest, nisi antea motuum coelestium causas explicare adgrediamur, quod quidem praestabimus in capite sequenti.

III. Ab antiquissimis temporibus iam innotuerat systema aliud, quod solem veluti centrum universi constituebat, planetasque omnes, ne terra quidem excepta, mobiles circa solem ponebat. Quidquid sit de prima huius hypotheseos origine, quae certe antiquissima est, hanc excoluit Pythagoras (*sive, ut mavult Laërtius, Philolaus pythagoricus*), unde systema *pythagoricum* fuit appellatum. Haec hypothesis ab Aristotelis temporibus fere omnino obsoleverat, quum litterarum et dignitatis splendore celebris Nicolaus cusanus s. r. eccl. cardinalis illam instaurare coepit. Eam deinde rudiorem adhuc et imperfectam Nicolaus Copernicus tornensis et vormiensis ecclesiae in Polonia canonicus indefesso 30 annorum studio ita illustravit atque auxit, omnique observationum genere perfecit, ut iure meritoque haec ab illo nomen acceperit. Hanc Copernicus ipse Romae innumeris fere auditoribus, qui ultra duo millia confluere ad ipsum solebant, exposuit, et Paul-

lo III pontifici maximo dicavit. At nondum comparata fuerat hypothesis copernicana cum plurimis sacrae scripturae testimoniis, quae tellurem immobilem adstruunt. Sic Ecclesiastes *cap. 1. vers. 4.* legitur: *generatio advenit, generatio praeterit, terra autem in aeternum stat.* Psalm. 103. vers. 5. *qui fundasti terram super stabilitatem suam, non inclinabitur in saeculum saeculi.* Quod vero sidera atque praesertim sol ipse circa terram immobilem moveantur, celebre illud imperium Iosue testatur *cap. 10. Ios. vers. 13. sol contra Gabaon ne movearis :::: stetitque sol.* Non desunt tamen interpretes, qui liberius respondent, adlata s. scripturae testimonia non maximam vim habere, quum scriptores sacri saepissime secundum communem hominum opinionem et ad captum vulgi loquantur: *Moyses rudi populo condescendens secutus est, quod sensibiliter apparet:* inquit S. Thom. *1. part. quaest. 70. art. 1. ad 3.* At sacrae scripturae sensum explicarunt s. r. e. cardinales fidei inquisitores, a quibus damnata fuit hypothesis copernicana sub Paullo V anno. 1616, atque iterum sub Vrbano VIII ann. 1633, eamque Galilaeus solemniter veluti erroneam sacrisque litteris contrariam eiuravit. Licebit tamen copernicanum systema usurpare tamquam hypothesim, quae sine ullis excentricorum orbium et epicyclorum ambagibus phaenomena coelestia

Fig. facilius explicat. Copernicanam hypothesim, qualis ab ipso Copernico tradita fuit, heic iuvabit exponere. Cetera autem, quae ad accuratius explicandos coelestes motus, illorumque causam investigandam addidit Newtonus mira ingenii sagacitate, fuse postea declarabimus.

44. Sol veluti centrum universi in medio C collocatur. Circa ipsum mercurius trium fere mensium spatio convertitur. Deinde sequitur venus octo mensium periodo circa solem revolvens. Tum orbis ille magnus, quem annuo motu circa solem peragit terra. Hunc excipit coelum martis, qui duobus annis movetur. Hoc sequitur coelum iovis, qui duodecim annorum spatio periodum suam absolvit. Omnium denique planetarum supremus saturnus triginta annorum spatio circulum peragit. Postremo sidera fixa prorsus immota quiescunt, etsi circa solem ipsum lento motu progredi videantur, ut 25000 annis integram periodum absolvant. Quemadmodum vero luna non circa solem, sed circa tellurem ipsam intra mensem movetur, ita quoque satellites aut lunulae quattuor iovem motibus suis coronant, et quinque saturnum. Quum vero ceteri planetae unico motu ab occasu in ortum secundum Copernicum moverentur, triplicem in sola tellure distinguebat motum, *diurnum* nempe circa se ipsam vel proprium axem, *annuum* per eclipticam circa solem, et motum *parallelismi* vel *inclinationis*, se-

cundum quem axis terrae sibi constanter parallelus eamdem semper coeli partem respiciat. Non dissimili fere ratione, qua globus aliquis ita super planum rotari aut etiam supra curvam rotae superficiem circumduci potest, ut interim circa se ipsum moveatur, et axem semper sibimetipsi parallelum retineat. Hypothesim copernicanam eo loci breviter proposuisse satis sit. Ceterum patet, systema tychonicum ex copernicano et ptolemaico esse conflatum, seu potius esse systema copernicanum, ut ita dicam, *inversum*. Iam nonnulla coelestium motuum phaenomena in systemate copernicano exponamus, ut systematum facilitatem inter se conferre liceat.

Quum terra perenni et aequabili motu ab occidente in orientem spatio 24 horarum circa se ipsam rotatur; sidera, sol et ceteri planetae ex notissimis opticae legibus diurno motu ferri videntur ab ortu in occasum. Planetae tamen singuli proprio motu atque inaequali periodo ab occasu in ortum circa solem feruntur, si solem exceperis, qui licet immobilis in universi medio perseveret, annua tamen periodo circa tellurem converti videtur. Siquidem terra, dum circa proprium axem movetur, tardiori etiam motu per orbem magnum sive zodiacum sensim progredietur secundum signorum seriem, vel ab occasu in ortum, ut unicum fere gradum singulis diebus, omnemque periodum unius

Fig. anni spatio conficiat. Hinc nobis apparet, solem per eadem signa moveri, hac tamen lege, ut quum terra in aliquo signo reperitur, e. g. *ariete* seu ♈, sol in opposito signo *librae* seu ♎, videatur; quum terra in *cancro* moratur, sol *capricornium* occupet. Deinde vero quum terra circa solem annua periodo revolvens, modo accedat, modo recedat a planetis; debent illi modo maiores, modo minores, modo proximiores, modo remotiores videri.

Planetarum stationes, directiones et retrogradationes mira facilitate explicantur. Circa
46. solem *S* in centro positum describatur circulus *HICTO*, quem annuo motu terra percurrit. Sitque *BDREP* circulus alter, quem aliquis planeta superior, puta saturnus, motu proprio peragit. *Ponamus item, saturnum planetasque superiores lentiori motu per orbitam suam ferri quam tellus, quod re ipsa contingit; ideoque eodem tempore minores arcus percurrent. Si terra ponatur in* T, *et planeta in* P, *saturnus apparebit sub aliquo puncto vel sidere firmamenti in* N. *Si autem terra progreditur in* C, *dum saturnus fertur in* E, *videbitur hic* in consequentia *processisse, sive ab occasu in ortum ex puncto* N *in* F. *Tuncque apparebit saturnus* directus. *Interim si feratur terra ex* C *in* I, *dum saturnus progreditur ex* E *in* R, *adhuc saturnus conspicietur*

in puncto F , *a quo proinde nullatenus recessisse videbitur* , *adeoque* stationarius *erit*. *Denique si progrediente terra ex* I *in* H, *saturnus feratur ex* R *in* D , *videbitur hic in puncto firmamenti* G , *adeoque ab* F in antecedentia *recessisse videbitur contra signorum ordinem seu ab ortu in occasum*. *Tuncque apparebit* retrogadus.

Ex his intelligitur , frequentiores esse retrogradationes in saturno quam iove ; et in iove quam marte. Sive quo planeta remotior a tellure fuerit , tardiorique motu in orbita propria feratur , eo citius redire debent ipsius retrogradationes. Siquidem terra , quae proprio motu retrogradationes illas producit, ubi ab aliquo planeta digressa fuerit , atque integram periodum suam circa solem confecerit , citius planetam illum , qui tardior fuerit , adsequetur , ut ille iterum retrogradus videatur. Quod ut illustrius intelligatur , observare iuvat , dimidiam retrogradationis partem in aliquo planeta tunc peractam esse, quum terra eidem planetae coniuncta fuerit, sive inter planetam ipsum et solem reperiatur. Sic tellus in puncto *I* , saturnus in *R* esse debet. Itaque dum tellus a puncto *I* vel coniunctione digressa integram periodum circa solem peragit , saturnus etiam in orbita propria movetur , atque a puncto *R* versus *D* per aliquot gradus progredietur. Vbi tellus absoluta periodo circa solem ad pun-

cium *I* pervenerit, iterum saturno ibi coniungi non poterit, sed totidem insuper gradus in orbe proprio debet percurrere, quot a saturno in orbita propria peracti fuerint, ut illi iterum coniungatur, ideoque saturnus dimidiam novae retrogradationis partem peregisse videatur. Itaque quo plures gradus a planeta in orbita peracti fuerint, sive quo celerior sit planeta, eo tardius planetam terra adsequetur, ut illi coniuncta ipsum rursus efficiat retrogradum. Quo vero tardior planeta fuerit, minoremque graduum numerum in orbita propria descripserit, citius illi iterum coniungetur terra, ipsumque citius retrogradum efficiet. Quum igitur planetae, quo superiores fuerint atque a tellure remotiores, eo etiam tardiores sint; frequentiores in illis quam in inferioribus retrogradationes contingent. Evidens etiam est, superiores planetas retrogrados fieri, quum inter illos et solem tellus excurrit, dum nempe soli opponuntur, sicut vicissim semper directi esse debent, dum inter illos ac terram sol reperitur, dum nempe planetae cum sole coniunguntur.

Eadem omnino explicatio adhiberi facile poterit in inferioribus quoque planetis mercurio et venere, qui quum celerius periodum suam circa solem perficiant, inter solem et terram ipsam aliquando reperiuntur, unde directi, retrogradi et stationarii videbuntur. *Sit or-*

bita telluris FCT, *et orbita veneris* GML. Fig.
Ponatur terra in puncto D, *dum venus* 47
exsistit in N: *videbitur venus in puncto firmamenti* S. *Iam feratur terra ex* D *in* C, *dum venus progreditur ex* N *in* M, *videbitur haec in puncto firmamenti* P, *adeoque processisse videbitur* in consequentia *signorum, seu ab occasu in ortum ex* S *versus* P; *ac proinde venus erit* directa. *Si tellus feratur ex* C *in* B, *dum venus tendit ex* M *in* L, *videbitur adhuc venus in eodem puncto firmamenti* P, *adeoque erit* stationaria. *Interea si terra veniat ex* B *in* T, *dum venus vergit ex* L *in* G, *ex puncto firmamenti* P *contra signorum ordinem recessisse videbitur versus* H, *seu* in antecedentia, *ideoque erit* retrograda. Haec leviter dumtaxat attigisse satis sit. Ceterum ex data telluris et planetarum theoria, geometris difficile non est puncta *stationum* definire. Mirum autem est, quam praeclare astronomorum calculis respondeant observationes.

Ex solo telluris motu facile colliguntur explicata in articulo praecedenti sphaerae elementa. Dimidia telluris pars radiis solaribus exposita semper illuminatur, pars autem altera a sole aversa umbrae immergitur. Verum quidem non est, accurate integrum telluris hemisphaerium a sole illustrari (*prop. I. art. II. cap. I. sect. II.*), sed ob magnam solis a tellure distantiam pars terrae

illuminata ita parum differt ab hemisphaerio, ut sine errore veluti hemisphaerium haberi possit. Itaque circulus, qui dimidiam terrestris superficiei partem ab altera dirimit, lucisque et umbrae confinia terminat, atque ideo *lucis et umbrae terminator* dicitur, pro circulo terrae maximo haberi potest. Si locus aliquis superficiei terrestris in parte illuminata revolvatur, huic loco *dies* est; contra autem *nox* est, si revolvatur in parte obscura. Motus diurnus ab occidente in oriente peragitur, et in loco aliquo dato sol oritur, ubi locus ille lucis et umbrae terminum versus occidentem attingit; contra autem sol occidit, ubi locus ad eumdem terminum versus orientem pertingit. Punctum, in quo linea recta telluris et solis centra coniungens superficiei terrestri occurrit, solem habere dicitur in zenith, qui proinde est polus seu medium hemisphaerii illuminati punctum. Circulus motu annuo telluris descriptus est ecliptica. Quia vero axis terrae ad huius circuli planum obliquus est, aequatorem secat (sub angulo nempe 23° 29′). Duo intersectionum puncta *aequinoctialia* appellantur, in quibus sol apparet, dum axis terrae ad rectam centra solis et terrae iungentem perpendicularis est. Puncta *solstitialia* dicuntur, quae a praecedentibus distant 90, et in iis sol apparet, ubi maxime versus polos declinat. Quum autem aequator sit cir-

culus maximus, quem proinde circulus maximus *lucis et umbrae terminator* in duas partes aequales dividit, dies sub aequatore nocti perpetuo aequalis est. Evidens est, sole versus borealem aequatoris partem apparente, polum borealem esse in hemisphaerio illuminato, ac proinde ibi futuram diem ob aequinoctio vernali usque ad aequinoctium autumnale; contrarium autem accidet polo meridionali. Si locus aliquis ad eam positus sit aequatoris partem, versus quam cadit recta solis et terrae centra coniungens, locus ille maiorem habet paralleli partem in hemisphaerio illuminato, ac proinde huius loci incolis dies sunt noctibus longiores, sed contrarium experiuntur incolae in opposita aequatoris parte, quibus nox est die longior. Sed haec omnia fusius explicabimus in geographia, ubi etiam alia exponemus phaenomena, quae ex axis terrestris *parallelismo* oriuntur. Interim monere satis erit, axem terrestrem, quamvis ab ipsa terra circumducatur, dum haec circa solem convertitur, semper tamen sibi ipsi et axi mundi vel aequatoris manere parallelum. Si telluris axis ad planum eclipticae normalis esset, coincideret aequatoris planum cum plano eclipticae, et circulus *lucis terminator* in eo casu per polos semper transiret, et aequatorem omnesque eius parallelos in partes aequales secaret, ideoque dies noctibus per totum ter-

rarum orbem perpetuo forent aequales; ut ex dictis evidens est. Verum axis terrae non est ad eclipticae planum perpendicularis, sed ad illud inclinatur sub angulo $66^\circ \frac{1}{2}$ Si autem planum aequatoris ad coelum usque protendatur, efficiet in coelo circulum, quem aequatorem coelestem appellabimus. Et hi duo circuli, aequator nimirum et ecliptica, angulum constituent $23^\circ \frac{1}{2}$. Ita vero in sua orbita progreditur tellus, ut axem suum retineat sibi semper parallelum, hoc est, si ducatur linea quaevis axi in quovis eius situ parallela, axis ille in omnibus aliis orbitae suae punctis eidem lineae parallelas manebit, nec umquam directionem mutabit, sed versus eamdem mundi plagam perpetuo dirigetur. Inde autem heic breviter observare licet constantes dierum tempestatumque vicissitudines. Hae enim non aliunde oriuntur, quam ex diverso modo, quo sol diversis temporibus terram respicit. Quum igitur copernicana hypothesis modum illum, quo terra a sole respicitur, perpetuo conservet, ac solum transferat in terram motum, qui in aliis hypothesibus soli conceditur ita, ut terra eadem prorsus velocitate, obliquitate et inclinatione circa solem moveatur, illamque respiciat, eodem plane modo, quo circa terram sol movebatur, et illam illuminabat; manifestum est, eadem manente causa eosdem quoque manere effectus sive eadem phaeno-

mena. Verum quamvis parallelismum perpetuo servare debeat axis telluris, minime tamen necessum est, ut tertius quidam motus terram exerceat, ut comminiscuntur aliqui. Et quidem, si terra nullo alio motu praeter *translationis* in orbita sua feratur, evidens est, diametrum quamlibet sibi manere parallelam. Iam telluri circa axem rotatio imprimatur: omnes telluris diametri praeter axem situs suos constanter mutabunt. At axis per rotationem illam a statu suo non turbabitur, ac proinde, ut prius, sibi semper manebit parallelus. Hinc manifestum est, necessarium non esse tertium quemdam motum, ut terra axis sui parallelismum conservet. Nihil enim aliud requiritur, nisi ut praedicti duo motus, *translationis* scilicet et *rotationis*, telluri imprimantur. Nam si nullus accedat tertius motus, axis necessario eidem rectae perpetuo parallelus erit, cui antea fuerat. Haec autem omnia tironibus demonstrari debent, subiecto illorum oculis terrestri globo ex charta vel metallo suis circulis rite distincto. Heic autem non consideravimus lentisimam in axis terrestris *parallelismo* mutationem, quam axis *mutationem* dicunt. Hanc deinde opportuniori loco exponemus.

ARTICVLVS III.

De sole et stellis fixis,

I.

Solem stellasque fixas, utpote quae sunt corpora eiusdem generis, eodem articulo complectimur. Igneam esse solis substantiam aut igni simillimam, demonstrant similes ignis solisque effectus. Observationes circa solare corpus institutae ostendunt, illius superficiem nequaquam esse aequalem et pacatam, sed veluti mare ignitis fluctibus asperum candentibusque undis crispatum. At praecipue circa solem notandum est, in eius superficie apparere fuligines quasdam seu maculas subnigras, quae figuras habent irregulares et inconstantes. Solares maculas primus omnium telescopio detexit Galilaeus ann. 1610, et eodem fere tempore illas in Germania deprehendit Christophorus Scheinerus. Solares maculae aliquando plures, aliquando pauciores observantur, interdum nullae. Ita ab ann. 1653 ad 1670 vix una aut altera deprehendi potuit, quum plures tamen ingentesque maculae temporibus aliis fuerint observatae. Quaedam ex illis in solis superficie repente oriuntur ac veluti erumpunt, et lenta periodo circa solem ab ortu in occasum ita moveri videntur, ut post aliquod temporis spa-

tium, nempe dierum 27, ad eamdem iterum solis partem vel limbum redire observentur. Itaque quum maculae plurimae duas aut tres periodos perfecerint; et quidem singulas 27 dierum intervallo; ex macularum solarium observatione omnino constat, solem circa proprium axem revolvi, atque hac rotatione, ut maculae a margine solis orientali medium versus progredi videantur, deinde ulterius provectae in opposita margine, scilicet occidentali, videantur occidere. Ex macularum solarium motu demonstratum omnino est, axem, circa quem vertitur sol, non esse ad orbitae telluris planum perpendicularem. Si nempe per centrum solis traductus intelligatur axis orbitae terrestris, angulum circiter 7° efficiet idem axis cum rotationis solaris axe. Itaque aequator solis, hoc est, circulus, qui aequaliter distat a duabus axis extremitatibus vel duobus polis efficiet cum orbitae terrestris plano angulum 7°. Si autem communis planorum illorum intersectio ad orbitae terrestris circumferentiam hinc et inde producta fingatur, dum tellus ad alterutrum ex illis punctis e diametro oppositis perveniet, macularum semita apparens in hoc casu erit linea recta, ut patet, quum oculus sit in ipso plano motus. Sed in qualibet alia telluris positione aequator solaris supra oculum attollitur, aut infra illum deprimitur. Vestigia macularum erunt ellipsium quae-

dam species ; quod quidem non solum demonstratione geometrica sed etiam observationibus astronomicis compertum est. Ceterum quamvis tota macularum periodus spatio 27 dierum absolvatur , non tamen hoc ipso tempore perficitur solis circa axem rotatio , quae calculo astronomico definitur dierum 25 $\frac{1}{2}$. Et quidem macularum solarium motus apparens componitur ex motu vero ipsius solis circa axem et ex motu axis solis circa axem eclipticae , qui quidem duo axes anni unius intervallo eamdem servant mutuam inclinationem 7° circiter. Quare ad definiendam rotationem solis circa axem huius quoque posterioris motus ratio babenda est. Verum haec pauca monuisse satis sit. Neque enim universam data opera tractamus astronomiam , sed ea tantum seligimus , quae ad physicam proprio iure pertinent , et harum institutionum facilitati atque brevitati sunt accommodata.

In iis , quae de solis rotatione diximus, ponitur , maculas corpori solari adhaerere, quod quidem negarunt nonnuli , qui existimarunt , solares maculas ab ipso sole aliquantulum distare , illasque circa solem revolvi ad modum satellitum iovis. Sed facile refellitur haec opinio. Omni enim caret verisimilitudine , maculas illas , quae sine ulla constanti lege nascuntur et dissolvuntur , tam regulari motu revolvi , nisi ab ipso sole cer-

ta periodo abripiantur. Ceterum, quae de macularum illarum natura et de ipsa solis substantia a physicis dici solent, incerto omnino sunt, neque iis diutius immorandum putamus.

II. Antequam de stellis fixis quidquam statuamus, immensam esse illarum a terra distantiam pro certo haberi debet. Etenim nullam in stellis fixis parallaxim demonstrare hactenus potuerunt subtilissimae etiam observationes. Eodem plane modo apparent in remotissimis etiam et e diametro oppositis orbitae terrestris seu *orbis magni* punctis. Ac proinde orbis magni diameter nullam cum fixarum distantia habet proportionem, quae observari possit, et instar puncti se habet. Quum autem diameter illa duplae distantiae solis a terra aequalis sit, hinc immanem stellarum a terra distantiam indicare licet. Et re quidem ipsa stellarum magnitudo diversis anni temporibus eadem apparet, atque etiam invariabilis omnino observatur mutua stellarum distantia; quamvis terra ad stellas aliquas sex mensium spatio per totam orbitae suae diametrum accedat, ac proinde etiam per eamdem distantiam sequentibus aliis sex mensibus ab iis recedat. Quum ergo in apparenti stellarum situ nullam variationem deprehendere possimus; id manifesto est indicio, illas ad ingentem a tellure distantiam positas esse, et rem perinde se habere, ac

si terra locum non mutaret. Quamvis autem systema copernicanum velut hypothesim tantum proponamus, heic tamen obiter observandum est, nullius roboris esse argumentum, quod ex parallaxeos defectu et ex constanti stellarum distantia apparente adversus systema illud obiiciunt aliqui. Ex dictis enim evidens est, nihil aliud inde concludi posse nisi maximam stellarum distantiam, quae quidem in dubium vocari non potest, etiamsi ignota omnino sit. Rem facili exemplo illustrabimus. Si turres duas conspiciamus in exigua a se invicem distantia, sed plusquam decem mille passuum intervallo ab oculis remotas; turrium illarum mutuam distantiam et apparentem magnitudinem haud mutatas observabimus, si unico passu accedamus, multo propius nos accedere necessum est, ut mutatio aliqua percipi possit. Igitur quamvis terra ad stellas nonnullas accedat, et ab iis recedat, tantilla tamen est differentia, si cum stellarum distantia comparetur, ut omnino evanescat, non secus ac in exemplo proposito.

III. Diversae observantur stellarum magnitudines, quae quidem varietas saltem ex parte tribui potest ipsi distantiarum differentiae, non autem alicui in ipsa reali magnitudine diversitati. Sed quidquid sit, recepta est apud astronomos stellarum in septem magnitudinis classes distributio. Illas nempe, quae

luce praecellunt, stellas vocant *primae magnitudinis*, deinde *secundae*, quae paullo minori splendore fulgent, et ita deinceps ad septimum usque ordinem. Licet vero antiquum et vulgatum sit, septem tantum esse fixarum classes et magnitudines, non tamen existimandum est, unamquamque stellam ad classem aliquam ita accurate referri posse, ut eumdem omnino splendorem demonstrent stellae, quae ad eumdem ordinem pertinent. Immo tot constituendi sunt magnitudinum ordines, quot fere sunt stellae, et raro admodum duae cernuntur fixae eiusdem lucis. Atque hinc factum est, ut stellas quasdam veluti primae magnitudinis habeant nonnulli astronomi, quas inter stellas secundae magnitudinis recensent alii. Verum stellas non tantum magnitudine sua designant astronomi, sed eas quoque per situm mutuamque positionem in ordinem referunt, et in *asterismos* seu *constellationes* distribuunt. Itaque *constellationem* vocant plurium stellarum certo ordine dispositarum systema. In his autem constellationibus animantium formas aliarumve rerum imagines finxerunt veteres astronomi, quas recentioribus retinere placuit. Quod spectat ad apparentem stellarum diametrum, omnem fugit oculorum aciem, quidquid dicant astronomi nonnulli. Etenim fingamus, diametrum apparentem *sirii* esse 18″, qualem sibi apparuisse adfirmant aliqui. Si rectae

duae ex duabus diametri extremitatibus ad oculum protensae inermi oculo appareant sub angulo 18″; adhibito telescopio, quod ducentis vicibus obiectum amplificaret, eadem stella sub angulo 3600″, hoc est, unius gradus esse conspicuam praeberet. Quare sirius telescopio observatus diametrum solari vel lunari diametro duplo maiorem exhiberet. At certum est, sirium eximio etiam telescopio observatum ipso marte haud maiorem apparere. Est autem diameter martis in minima a tellure distantia circiter 30″. Quare quum telescopium apparentem sirii diametrum ducenties augeat, quae tamen diameter est 30″; hinc patet, oculo inermi diametrum hanc esse dumtaxat triginta secundorum partem ducentesimam, hoc est, circiter 9‴, quae quidem diameter nulla oculorum acie percipi potest. Itaque quod stellas fixas ad enormem distantiam praeclare videamus, id tribuendum est adsciticiis stellarum radiis, quibus telescopiorum ope exuuntur. Id autem vulgaris lucis exemplo illustrabimus. Experientia notum est, candelam accensam in distantia sex milliarum sub angulo satis magno noctu pulchre lucere. At si interdiu aliud quodlibet obiectum eiusdem magnitudinis ad eamdem distantiam contemplemur, oculis sese omnino subducet. Huius quidem phaenomeni ratio est, quod corpora lucida radios undequaque emittant longe vividiores, quam faciant cor-

pora non lucida, ex quibus emanant languidiores radii et reflexione debilitati. Itaque lux vividior retinae fibras vi longe maiori percellit, atque inde fit, ut lucida corpora iusto maiora errore optico iudicemus.

IV. Ingentem et fere immensam stellarum multitudinem admirabitur, qui telescopio coelum voluerit contemplari. In catalogo Flamsteedii longe amplissimo numerantur, suoque loco accurate notantur stellae ter mille. Sed minima omnino et fere nulla pars est infiniti propemodum stellarum numeri, quibus exornantur coelestis fornicis maiestas, admirandum plane divinumque spectaculum. Mutationes aliquas in stellis observarunt astronomi. Perierunt stellae plures a veteribus notatae, novae renascuntur, ipsae etiam aliquando periturae. Stellae quaedam exstinguūntur, et post certam periodum rursus resplendent. Inter stellas illas maxime celebris est, quae in *collo ceti* videtur. Haec octo vel novem anni mensibus evanescit: reliquis quattuor vel tribus mensibus varia magnitudine se videndam praebet. Neque singulis annis eamdem obtinet magnitudinem, interdum secundi ordinis fixas superat, aliquando in tertio ordine vix consistere videtur, nec eodem semper temporis spatio sui copiam facit. Nam saepe non ultra tres menses: saepe etiam per quattuor integros et amplius conspicitur. Neque aequis temporum interval-

lis incrementa sumit. Praeterea ex astronomorum observationibus constat, saepe novas aliquas prius latentes emicuisse stellas, quae per aliquod tempus insignes et maxime conspicuae apparuere, sed deinde paullatim decrescentes tandem evanuere quasi exstinctae. Ex his stellarum mutationibus factum est, ut suspicati sint aliqui, in stellarum illarum superficie generari crassiores maculas, quae primum aliqua ex parte, deinde totam stellam tegunt, et tandem dissipantur. Verum haec opinio omni caret verisimilitudine. Creditu enim difficile est, maculas illas constanti periodo nasci atque dissipari. Praeterea suis quoque maculis obnoxiae essent stellae omnes aliae. Igitur longe probabilius coniectatur clar. D. de Maupertuis *in opusc. de fig. astr.* valde protuberantia in aequatore, multumque compressa in polis esse aliquarum stellarum corpora. Hinc fit, ut dum stellae circa axem convertuntur, pro maiori vel minori respectu terrae inclinatione maiorem vel minorem ostendant disci sui partem. Hinc pro varia rotationis periodo certa lege mutationes varias subire videbitur illarum stellarum lux; immo exstingui omnino, deinde ad pristinum splendorem per gradus reditura. Verum hae sunt probabiles quidem sed merae tamen coniecturae.

Quamvis de stellarum natura ob immensam illarum distantiam iudicium ferre vix liceat; certum tamen est, stellas esse totidem

soles, qui proprio fulgent lumine. Etenim stellae a nobis longe remotiores sunt quam saturnus: ipso saturno licet minores appareant, longe tamen splendidius refulgent. Stellae igitur ex sole, quemadmodum faciunt planetae, lucem suam mutari non possunt. Verum nullus alius praeter solem cognitus est fons, ex quo lumen suum haurire possint. Propria igitur splendent luce, ac proinde veluti soles haberi debent. Quae quum ita sint, vix credibile est, Deum tot soles in remotissimis locis solitarie locasse, nullaque proximiora iis adiunxisse corpora, quae horum luce et calore foveantur. Quum enim Deus sapientissimus nihil frustra creaverit, probabilissimum est, solem unumquemque suo quoque planetarum agmine adornari, qui circa hos soles diversis periodis ad diversas distantias lunis quoque suis stipati revolvuntur.

DE AEQUINOCTIORVM PRAECESSIONE.

Duplicem esse stellarum motum, iam antea generatim observavimus, unum nempe diurnum, quo fixae ab ortu in occasum singulis 24 horis moveri videntur in circulis aequatori parallelis; alter autem est motus, quo circa polos eclipticae secundum ordinem signorum ferri videntur lentissime ita, ut 71

vel 72 annorum spatio unicum circuli sui gradum describant, hoc est, 51″ singulis annis. Hunc duplicem motum apparentem esse dumtaxat, tuentur copernicani. Primam motus speciem iam satis explicavimus. Motum alterum nunc exponemus. Si veteres observationes cum recentioribus comparentur, eamdem stellarum latitudinem sive distantiam ab ecliptica nullatenus mutatam deprehendemus, seclusa tamen exigua variatione, quae ex axis terrestris mutatione minima oritur. At longitudinem suam stellae mutare deprehenduntur. Ita longitudo stellae, quae *cor leonis* appellatur, Ptolomaei temporibus ann. 138 erat 2° 3″. Flamsteedius ann. 1690 eiusdem stellae longitudinem invenit 25° 31′ 20″. Collatis autem intermediis observationibus plurimis annuum longitudinis incrementum colligitur 5″. Itaque ponamus, stellam aliquam dato aliquo tempore in eclipticae et aequatoris intersectione locatam esse, post 100 annos stella ista versus orientem promovetur longitudine 1° 23′. circiter. Haec stella adhuc quidem manebit in ecliptica sed extra aequatorem. Igitur stella quum versus orientem progrediatur, eclipticae et aequatoris intersectionem praecedit, quae proinde intersectio versus occidentem respectu stellae constituitur. Quare sol ad eclipticae et aequatoris intersectionem pertingit, ideoque aequinoctium celebrat, antequam perveniat ad

stellam, in qua aequinoctium centum ante Fig.
annos contigerat. Haec anticipatio vocari solet *praecessio aequinoctiorum*. Evidens autem est, hanc praecessionem in punctis solstitialibus locum etiam habere.

In hypothesi copernicana motus ille est dûmtaxat *apparens*. Rem totam ita explicant.
Intelligamus, axem diurni motus telluris *CpP* 48.
esse semper inclinatum sub angulo $66^\circ \frac{1}{2}$ ad planum eclipticae *DHBA*, quae est telluris orbita circa solem, vel quod idem est, ponamus, axem aequatoris terrestris *CpP* efficere angulum $23^\circ \frac{1}{2}$ cum axe eclipticae *CFE*. Iam si axes illi ad stellas usque producti intelligantur, axis unus inter stellas designabit punctum *E*, quod erit polus eclipticae terrestris, alter autem axis designabit punctum *P* $23^\circ \frac{1}{2}$ remotum, quod erit polus nostri aequatoris. Hi duo poli necessario determinant suos circulos, a quibus distant 90°, ac proinde notae sunt stellae, per quas transeunt telluris ecliptica et aequator, ideoque notae sunt etiam aliarum fixarum ab iisdem circulis distantiae. Haec quidem omnia manent omnino immutata, si terrestris aequatoris axis sibi semper maneat parallelus. Neque enim orbis annui magnitudo obstare potest, quominus axis ille iisdem coeli punctis per totum annum respondeat, et iisdem immineat polis, quum orbis annuus veluti punctum respectu immensae stellarum distantiae considerari de-

beat. At ponamus, axem illum terrestrem *CpP* esse mobilem respectu axis eclipticae immoti *CFE*, circa quem dato tempore revolvatur, eumdem tamen cum ipso angulum servans; tunc axis ille mobilis *CpP* varios terrae pollos in coelo successive designabit *PQFG*; ac proinde aequator terrestris in coelo perpetuo mutabitur, *quum a polis suis distare debeat* 90°, immutata tamen manente telluris ecliptica, cuius axis est immobilis, ac proinde ecliptica *DA* per easdem fixas perpetuo transibit, constante manente illius angulo cum aequatore, adeoque nulla erit in stellarum positione variatio respectu eclipticae, sed tantum respectu aequatoris; quod idem omnino est, ac si fixae circa aequatoris polos re vera moverentur in circulo *PQFGK*. Huc ergo tota redit copernicana explicatio ut nempe terrestris aequatoris axis circa axem eclipticae circulari motu deferatur, eodem manente angulo. *Itaque circulus maximus sphaerae per utrumque polum eclipticae et aequatoris pertransiens* * *mutabitur, punctumque intersectionis illius cum ecliptica ex* A *progredietur in* B. *Quum autem punctum intersectionis aequatoris cum ecliptica ab illo distet* 90°, *pariter illud punctum antecedet in ecliptica.* Re quidem vera axis

* *Hic circulus maximus transit etiam per puncta solstitialia, ipsaque determinat.*

aequatoris hoc modo moveri non potest, nisi suum parallelismum turbet aliquantulum, quod contrarium videtur iis, quae de axis terrestris parallelismo iam antea constituimus. Verum de praecessione aequinoctiorum et de axis terrestris nutatione opportunior dicendi locus recurret in astronomia physica. Haec pauca generatim attigisse nunc satis sit. Ceterum quum immobiles sint stellae fixae, earumque positio et motus ordo astronomicis observationibus innotescant, hinc patet stellarum usus in astronomia. Nempe ad loca stellarum veluti ad puncta fixa et *comparationis terminos* referendi sunt coelestium corporum motus. Etenim motuum mensuram ex eodem loco habere non possumus, nisi ope angulorum, quos spatia percursa in oculo spectatoris efficiunt. Quare ad hunc usum adhiberi debent stellae tamquam puncta lucida in sphaerae concavitate locata, cuius sphaerae radius est indefinitus, centrum autem est oculus spectatoris.

ARTICVLVS IV.

De stellis erraticis, sive de planetis et cometis.

I.

Copernicanam hypothesim explicantes iam diximus, in nostri systematis centro positum

eſse solem, circa quem trium menſium ſpatio mercurius revolvitur. Verum an circa proprium axem revolvatur, astronomicis obſervationibus compertum non est. Huius planetae diameter est $\frac{1}{300}$ diametri ſolis. Illius a ſole distantia maxima est 5137 diametrorum terreſtrium, minima autem 3377. Alii deinde planetae hoc ordine ſequuntur. Venus diametrum habet $\frac{1}{100}$ diametri ſolis. Circa axem revolvitur horarum ſpatio circiter 24, et circa ſolem intervallo menſium ſeptem, dierum 15. Maxima illius a ſole distantia est 8008 diametrorum terreſtrium, minima autem 7898. Telluris a ſole distantia maxima est diametrorum 11187, minima autem 10813. Circa proprium axem revolvitur ſpatio 24 horarum, et praeterea axis ille motu conico defertur, illiusque revolutio abſolvitur annis 25000. Mars circa ſe ipſum rotatur intervallo 25 horarum, et circa ſolem duorum annorum ſpatio periodum ſuam abſolvit. Maxima illius a ſole distantia est 18315 diametrorum terreſtrium, minima autem 15213. Illius diameter est $\frac{1}{170}$ diametri ſolaris. Iupiter horarum 10 intervallo circa

suum axem convertitur, 12 autem annorum spatio circa solem. Eius diameter est $\frac{1}{9}$ diametri solaris, illiusque maxima a sole distantia est diametrorum terrestrium 59950, minima autem 54450. Saturnus circa solem 30 annorum spatio revolvitur; an vero circa axem convertatur, astronomicis observationibus definitum non est. Maxima illius a sole distantia est diametrorum terrestrium 110935, minima autem 98901. Praeter illos sex planetas, qui *primarii* appellantur, alii quoque observantur minores planetae, qui *secundarii* seu *satellites* dicuntur. Hi revolvuntur circa solem et circa planetas primarios. Ita luna est satelles terrae. Iupiter habet quattuor satellites, et saturnus quinque. Sed de planetis secundariis sermo erit in articulo sequenti. Aliud est planetarum genus, qui *cometae* vocantur. Hi autem in orbitis valde excentricis multumque elongatis suas periodos circa solem absolvunt. Atque hinc fit, ut in exigua dumtaxat cursus sui parte sese conspiciendos praebeant. Mirari ergo non debemus, quod de cometarum periodis nihil reliquerint veteres astronomi. Sic tamen vaticinatus est Seneca: *veniet tempus, quo ipsa, quae nunc latent, dies extrahet et longioris aevi diligentia.* Astronomicum illud vaticinium implevit Newtonus, qui planetarum legibus ipsos quoque cometas subiici demonstravit. Doctrinam newtonianam perfecit et

incredibili diligentia nuperrime tractavit vir non satis laudandus Clairautius in eximio opusculo, *de cometarum theoria*.

II. His de planetarum ordine generatim praemissis, iam qua ratione planetarum cometarumque phaenomena innotuerint, paullo fusius explicandum est. Quod ad planetas spectat, mercurius ac venus dicuntur planetae *inferiores* eo, quod uterque infra tellurem circa solem revolvatur, et contraria ratione mars, iupiter et saturnus dicuntur planetae *superiores* eo, quod supra terram suas periodos absolvant. Mercurius et venus diversis phasibus, non secus ac luna, sunt obnoxii. Pleno orbe modo fulgere videntur, modo autem falcati apparent: per ipsum solem transire aliquando observantur, et in illius disco maculam nigram atque rotundam pingunt, donec ex ipso solis disco emergant. Inde autem evidens est, mercurium et venerem esse corpora opaca, et reflexo solis lumine dumtaxat fulgere. Etenim si propria splenderent luce, iam in diversis cum sole adspectibus suum retinerent splendorem, nec discum solarem macula nigra inficerent. Suas quoque phases mars patitur, totus rotundus aliquando observatur, aliquando autem tantisper falcatus. Quare martem opacum esse, eadem ratione concluditur. Quod ad iovem et saturnum attinet, nullas in iis phases deprehendere licet ob maximam illorum a so-

le distantiam, qua fit, ut eodem fere modo e terra videantur, quo viderentur e sole. Verum quum planetae illi umbram proiiciant soli oppositam, qua fit, ut satellites huic umbrae immersi per vices oculis evanescant, et in conspectum redeant: atque etiam quum ipsi satellites inter planetas primarios et solem constituti, umbram facile conspicuam in suos planetas emittant, certum omnino est, tum planetas tum satellites esse corpora opaca.

III. Quum planetae sint corpora opaca, mirandum non est, eos maculis foedari, quandoquidem splendidissimum corpus solare suis quoque non caret naevis. Iupiter, mars et venus, si telescopio spectentur, suas nobis manifestant maculas, ex quarum motu constat, planetas illos circa axes rotari, simili prorsus argumento, quo solarem vertiginem demonstravimus. Mercurius in solis vicinia perpetuo commorans, solaribus radiis ita absorbetur atque immergitur, ut nullas in eo maculas dignoscere liceat, et contraria ratione nullas maculas ostendit saturnus ob maximam planetae huius á sole distantiam lucemque debiliorem. Probabile tamen est, et ex analogia naturae colligitur, mercurium quoque et saturnum circa axes suos revolvi. In iove praeter maculas, plures observantur *fasciae* sibi invicem parallelae, quae eamdem non servant constantem magnitudinem

Fig nec easdem distantias: modo crescunt, modo decrescunt: aliquando á se invicem longius recedunt: aliquando accedunt propius: et plures una cum maculis mutationes patiuntur.

49. Saturni figura singularis omnino est. Hunc exornat annulus lucidus formae ellipticae *ABDC*, cuius axis maior *CB* constans est, et diametri saturni plusquam duplus, axis autem minor *DA* alternis vicibus certaque periodo dilatatur et contrahitur. Hinc fit, ut annulus ille diversas induat formas, atque aliquando etiam omnino evanescat. Ex diversis annuli saturni phaenomenis facile intelligitur, annulum hunc esse veluti discum tenuissimum, qui pro diversa positione secundum opticae leges diversas debet figuras referre. Talis esse posset huius annuli positio, ut saturnum coronae instar cingeret, atque constanti manente hac positione, integra corona semperque lucida fulgeret, non secus ac lucidum perpetuo apparet saturni hemisphaerium telluri obversum. In hoc casu recta ex oculo sive ex telluris centro ad centrum saturni ducta, quae *visualis radius* appellari potest, ad planum annuli perpendicularis foret, vel parum inclinata. At saturni annulus longe aliam positionem habet. Illius planum ad *visualem radium* valde inclinatur ita, ut magna pars annuli pone saturni globum semper lateat, altera autem versus apparentem saturni discum promineat. Itaque annuli partes illae dumtaxat sunt con-

spicuae *DCA*, *DBA*, quae extra ipsum saturni globum erumpunt, duae scilicet oppositae, similes et aequales annuli portiones, quae ob figuram *ansulae* solent appellari. Suis ansulis aliquaudo spoliatus observatur saturnus, totusque rotundus apparet. Ita nempe respectu solis positus esse potest annulus, ut illius planum productum transeat per centrum solis. In hoc casu tenuior anguli pars radiis solaribus illustratur. Quia vero tanta non est annuli crassities, ut oculos nostros possit adficere, annulus oculis sese subducit. In hac positione dimidio solis disco illustratur unaquaeque opposita annuli superficies, et praeterea solares radii in superficies illas valde oblique incidunt, ac proinde etiam ad oculos nostros oblique reflectuntur. Quare quum reflexio lucis sit valde obliqua et in tanta distantia debilior, conspicuae esse non possunt ansulae. Si annulus productus non transeat per centrum solis, parum tamen distet a centro, res perinde se habebit, donec tandem annulus ad eam perveniat positionem, in qua radios sub angulo satis magno excipere possit. Atque in hoc casu una dumtaxat annuli superficies illuminabitur, altera manente in umbra. Si annuli superficies illuminata oculo nostro obvertatur, iam conspicuae fient ansulae. At si pars obscura ad nos convertatur, ansulae evanescent, et saturnus adparebit rotundus. Quare patet, in definien-

dis annuli saturni phasibus habendam esse rationem positionis annuli respectu solis et respectu oculi. Si planum annuli transeat per oculum, iam angustior annuli pars versus oculum dirigitur, ac proinde annulus evanescit. Mutata autem annuli positione respectu oculi, supra alterutrius superficiei planum attollitur oculus. Si attollatur supra illuminatae superficiei partem, ansulae apparent, dummodo tamen radios sub nimia obliquitate oculus non excipiat; si vero attollatur oculus supra obscuratam superficiem, ansulae iterum evanescunt. Haec satis sint de annulo saturni, quae ita feliciter inventa sunt, ut pro varia solis, telluris et saturni positione, varias annuli saturni phases certo praedicere liceat.

IV. Planetarum a terra distantias cum recentioribus artronomis iam constituimus. Qua methodo autem definiri possint distantiae illae, explicavimus articulo primo, ubi de siderum parallaxi. Tota parallaxium doctrina pendet ex conditionibus quinque, scilicet ex distantia oculi a planeta, ex distantia planetae a centro terrae, ex telluris semidiametro, ex altitudine sideris vera aut apparente, tandem ex angulo parallaxeos. Datis autem tribus conditionibus ex his quinque, aliae duae facile inveniuntur, ut patet ex elementis geom.; quum in triangulo parallactico tria data sint, ex quibus alia duo colliguntur.

Fig.

Prob. I. METHODVM EXPONERE, QVA INVESTIGARI POSSINT PLANETARVM A SOLE DISTANTIAE.

Sit *S* sol, *T* terra, sitque *AVB* orbita 50.
veneris, quam veluti circularem consideramus, et ducatur tangens *TV.* Angulus *STV* erit elongatio maxima veneris a sole. Patet enim, in hoc casu omnium maximum esse angulum rectis e terra ad solem et ad venerem ductis comprehensum, quem angulum *elongationem* veneris appellant. Iam in triangulo rectangulo *SVT* erit *ST* distantia solis a terra ad *SV* distantiam veneris a sole, ut radius ad sinum anguli *STV* elongationis a sole, quae observatione nota est. Haec methodus valet tantum in planetis inferioribus. At in planetis superioribus alia ineunda est via. Si planetae superiores habeant satellites, quales sunt iupiter et saturnus, distantia obtinetur hoc modo. Sit *I* lo- 51.
cus iovis, ducatur *SI* centra iovis et solis coniungens, producaturque in *M*, erit *IM* axis umbrae iovis, cuius positio per satellitum eclipses determinatur, ac proinde habetur locus *heliocentricus* iovis seu e sole visus. Agatur *TI* centra iovis et terrae coniungens, eaque producatur in *N*, erit *N* locus iovis e terra visus, seu locus *geocentricus*. Angulus *NIM* vel *TIS* est differentia

locorum heliocentrici et geocentrici. Obſervatione aûtem notus eſt angulus *ITS*, elongatio iovis a ſole. Ac proinde in triangulo *TIS* dati ſunt anguli omnes, ideoque data eſt ratio laterum. Quare dabitur ratio diſtantiae iovis a ſole *SI* ad diſtantiam *ST* telluris a ſole. Porro ſub angulo *TIS* videretur e iove ſemidiameter *ST* orbitae terreſtris, ſive quod idem eſt, angulus *TIS* eſt elongatio terrae e ſole, qualis videretur ſpectatori in iove.

In planeta quolibet ſuperiore adhibetur parallaxis annua ad determinandam planetae diſtantiam a ſole. Sit *I* planeta quilibet ſuperior, ſitque *A* locus terrae inter ſolem et planetam. Ducatur tangens *IT* ad telluris orbitam, planeta *I* ad eumdem locum referetur ex ſole *S* et ex tellûre in *A* viſus. At ſi tellus ſit iǹ *T*, et ibi quieſcat, e terra videbitur planeta ſecundum directionem *TI*, ac proinde motu retrogrado percurreret arcum, qui eſt menſura anguli *TIS*, quem nempe orbitae terreſtris ſemediameter *ST* ſubtendit in *I*. Quare angulo illo per obſervationem dato, erit illius ſinus ad radium, ut *ST* ad *SI*, ſive ut diſtantia terrae a ſole ad diſtantiam planetae a ſole. Verum habenda eſt ratio motus proprii planetae, qui quidem motus obſervatione notus eſt. Ceterum ex demonſtratis evidens eſt, hanc methodum in planetis inferioribus non valere, quum tel-

luris orbita planetarum inferiorum orbes contineat. Porro ob maximam planetarum superiorum a terra distantiam manifestum est, satis non esse illam adhibere parallaxim, quae ex telluris semidiametro pendet, et quae vocatur *parallaxis diurna*. Basis enim in tanta distantia nimis exigua foret, atque necessarium omnino est confugere ad *parallaxim annuam*, quae nempe pendet ex terrestris orbitae semidiametro. Scilicet in parallaxi diurna considerantur stationes duae vel spectatores duo, unus in telluris superficie, alter autem in centro. At in parallaxi annua substituuntur duo spectatores, unus in tellure, alter autem in sole, atque in hoc casu habetur basis satis magna, ad quam referri possunt aliae quaelibet in systemate solari distantiae. Ceterum quae hactenus diximus, valent dumtaxat in orbitarum circularium hypothesi. Sed veras planetarum orbitas deinde considerabimus.

V. Demonstrationes praecedentes pendent ex distantia solis a terra. Hanc autem distantiam variis methodis quaesiverunt astronomi. Parallaxium ope inveniri posse distantiam sideris cuiusvis a terra, iam demonstravimus capite primo. Superest ergo, ut paucis explicemus, qua ratione investigari possit parallaxis.

Probl. II. SIDERIS PARALLAXIM INVESTIGARE.

Si data sint sideris alicuius latitudo et longitudo, observetur transitus sideris huius per meridianum, eiusdemque sideris altitudo supra horizontem. Praeterea inveniatur declinatio sideris, quae si fuerit meridionalis, auferatur ex altitudine aequatoris; addatur autem, si fuerit borealis. Differentia vel summa erit altitudo sideris vera, quae corrigatur secundum accuratas refractionum tabulas: altitudo correcta subtrahatur ab altitudine vera, residuum erit parallaxis altitudinis quaesita, ex qua tandem invenitur distantia sideris a terra. Quum autem nimia sit distantia solis a terra, illius parallaxis per observationes immediate satis tuto haberi non potest. Hinc factum est, ut parallaxis martis et veneris diligenter investigaverint astronomi, quae si darentur, solis quoque parallaxis et distantia non laterent. Nam ex theoria telluris et planetarum datur pro quolibet temporis momento ratio distantiarum solis et planetae a terra. Sunt autem parallaxes horizontales in earumdem distantiarum ratione reciproca. Quare si detur parallaxis planetae cuiusvis, dabitur quoque parallaxis solis. Porro mars soli oppositus, ubi nempe terra inter martem et solem constituitur, telluri plusquam duplo propior est quam sol. Ac proinde eius parallaxis plusquam duplo maior erit. At venus dum est in coniunctione inferiore cum sole; ubi nempe venus inter solem et terram

versatur, telluri fere quadruplo vicinior est quam sol, eiusque proinde parallaxis in eadem ratione maior erit. Quare licet exigua solis parallaxis vix observari possit, veneris tamen et martis duplo vel quadruplo maiores parallaxes sese facile conspicuas praebent. Itaque mars et venus sunt astra omnium aptissima ad definiendam parallaxim, ex qua solis et planetarum omnium parallaxes eruere licebit. Interim ex accuratissimis observationibus martis ad *promontorium bonae spei* habitis parallaxim solis determinavit D. de la Caille secundorum 12 ½. Sed hoc ipso anno 1761, quo haec scribimus, die 6 iunii exspectatur transitus veneris sub sole, ex quo multo certius atque accuratius elici poterit parallaxis solis*. Verum huius transitus theoriam explicare non est huius loci.

VI. Si omnes stellae, quae in planetae alicuius semita occurrunt, conferantur inter se, ternario vel quaternario numero sumtae, hae in linea recta apparent; quod unusquis-

* *Occasionem, quam ex Halleyi praedictione eventuram ann. 1761 recenset Iacquierius, astronomorum votis posterioribus annis respondisse videtur. Vnde ipsemet Auctor postmodum opus suum edens ann. 1777 observationem hanc re ipsa peractam fuisse refert ann. 1769, consignatamque, ait, solis parallaxim inter 8″ et 9″ circiter.*

que observare facile poterit, tenso filo et oculis admoto. Hinc concludet, planetae orbitam iacere in plano circuli maximi sphaerae. Nam singula maximorum circulorum plana sese intersecant in centro; at filum tensum simul cum oculo circuli maximi positionem determinat; igitur stellae secundum fili directionem observatae, sunt in plano circuli maximi, ac proinde et in plano circuli maximi iacent planetae. Eadem ratione, facta scilicet stellarum comparatione, observabit, orbitarum plana ad se invicem parum esse inclinata, eaque duodecim zodiaci constellationibus contineri ita, ut planetarum orbitae per zodiaci constellationes excurrant, ac proinde orbitae illae modo sese intersecant, modo autem a se invicem discedunt; suisque vestigiis formant zonam illam, quae *zodiacus* appellatur. At ultra spatium octo circiter graduum hinc et inde non recedunt. Quare si concipiatur circularis fascia sexdecim circiter gradus lata, cuius medium tenet ecliptica, haec designabit in coelo spatium, in quo planetae motus suos peragunt. Itaque quum planetarum orbitae in diversis iaceant planis per centrum solis transeuntibus, uniuscuiusque plani intersectio cum plano eclipticae transit etiam per centrum solis. Ac proinde puncta duo, in quibus unaquaeque orbita eclipticae occurrit, sunt e diametro opposita, et 180° distant e sole

visu. Igitur in singulis revolutionibus planeta quilibet e sole visus dimidiam orbitae suae partem supra planum eclipticae, alteram vero infra describit. Quia vero ecliptica est circulus sphaerae maximus, cuius planum proinde sphaeram dividit in duo hemisphaeria aequalia, unum boreale, alterum australe, hinc patet, unumquemque planetam habere latitudinem borealem, dum borealem orbitae suae partem describit, alteram vero australem, dum australem partem percurrit. Puncta duo, in quibus planetae orbita secat planum eclipticae, dicuntur planetae *nodi*. Nodus quidem *adscendens* vocatur punctum ubi planeta transit e latitudine australi ad borealem; et contra punctum, ubi transit e latitudine boreali ad australem, nodus *descendens* appellatur. Recta autem coniungens duo opposita intersectionum puncta, *linea nodorum* dicitur.

VII. Quod ad cometas spectat, per omnes coeli plagas secundum quamlibet directionem vagantur nullo terminati zodiaco, illorumque motus a planetarum motibus longe differunt. Hac tamen non obstante motuum diversitate, certissimum est, cometas inter meteora corporaque sublunaria reiiciendos non esse, quae fuit peripareticorum opinio. Sed eos certis legibus circa solem planetarum instar revolvi, in sequenti conclusione demonstrabimus. Atque hinc etiam si-

mul refellitur eorum error, qui cometas ex planetarum vel solis exhalationibus oriri comminiscuntur.

CONCLVSIO.

COMETAE NON SVNT CORPORA SVBLVNARIA AVT METEORA, SED CIRCA SOLEM CERTA PERIODO REVOLVVNTVR.

Prob. Cometas aëre et luna longe superiores esse, demonstrat nulla illorum parallaxis diurna, aut saltem valde exigua. Cometae ex diversis locis observati eamdem a stella aliqua vicina distantiam servare deprehenduntur. Exemplo sit cometa, quem Tycho Brahe Vranoburgi, et Hagecius Pragae in Bohemia eodem temporis puncto observarunt, quae duo loca sub eodem meridiano distant milliaribus circiter 450. Vterque eamdem observavit cometae distantiam a stella, quae *vulturis lucida* appellatur. Hinc concludebant, cometam illum carere parallaxi diurna sensibili, quae quum observetur in luna, et quidem satis magna; hinc patet, cometam fuisse luna longe sublimiorem. At quemadmodum parallaxeos diurnae defectus cometas supra regiones lunares longe evexit, sic ex parallaxi orbis annui evincitur, cometas in planetarum regiones descendere. Ete-

nim cometae, qui progrediuntur secundum ordinem signorum, sub exitu apparitionis sunt omnes aut solito tardiores aut retrogradi, si terra sit inter ipsos et solem; aut celeriores, si terra vergat ad oppositionem, hoc est, si in coniunctione cum sole videantur. Et contra cometae, qui pergunt contra ordinem signorum, sunt celeriores sub finem apparitionis, si terra versatur inter ipsos et solem; aut tardiores vel retrogradi, si terra ad contrarias partes sita sit. Haec eadem phaenomena observantur in planetis, qui pro motu terrae vel conspirante vel contrario nunc retrogradi sunt, nunc tardius progredi videntur, nunc vero celerius.

Cometas non esse corpora ex vaporibus et exhalationibus conflata, hac ratiocinatione ostendit Newtonus. Vtitur exemplo cometae, qui ann. 1680 observatus fuit, cuius minima distantia a sole fuit ad distantiam telluris a sole ut 6 ad 1000. Iam vero calor solis decrescit in ratione distantiarum duplicata a sole. Quare sumtis quadratis, calor ab ipso cometa admissus erit ad calorem aestivum in telluris superficie ut 1000000 ad 36 vel ut 28000 ad 1. Praeterea notum est experientia, calorem aquae ebullientis esse paullo triplo maiorem vehementiori calore aestivo. Ponamus autem, ferri candentis calorem esse ter vel quatter aquae ebullientis calore maiorem, hinc concluditur, calorem co-

metae in minima a sole distantia esse bis millies maiorem ferri candentis calore. Porro si cometae nihil aliud forent, quam vaporum atque exhalationum congeries; tantam caloris vim sustinere minime potuisset praedictus cometa tam vehementi igne statim dissipandus. Quamvis praecedens demonstratio, quae ex parallaxi desumitur, parem cometarum planetarumque conditionem satis constituere videatur, alia tamen opinionum commenta breviter refellere, nostramque demonstrationem fusius confirmare, utilissimum erit.

Cometas ex planetarum exhalationibus suam non habere originem, facile evincitur. Et quidem etiamsi remotissimi sint, saepe tamen apparentes diametros habent apparentibus planetarum diametris longe maiores. Sunt ergo ingentis magnitudinis, et planetas primarios aliquando superant. Praeterea cometae in maxima a planetis distantia fere semper apparere incipiunt. ¿Ecquis autem crediderit, cometarum vapores tam longe ab ipsis cometis avelli, et ad tantam distantiam dissipari? Et certe si cometae suas habent exhalationes, hae in cometas ipsos vi gravitatis recidere debent, atque in iis, non secus ac in terra nostra, pluvias aliaque meteora producere. Eodem argumento refelluntur, qui cometas ex solis exhalationibus enasci fabulantur. Cometae enim in maxima a sole distantia saepissime apparere incipiunt, ad quam

distantiam adscendere repugnat omnino densiores gravioresque vapores. Nihilo solidior est cartesiana hypothesis. Fingit Cartesius, cometas olim ex fixarum numero fuisse. Aliquae scilicet stellae maculis crustisque obductae lumen suum amiserunt, penitus exstinctae. Tum fixarum illarum vortices a vorticibus proximis abrepti fuere, atque hinc fixae ex alio vortice in alium translatae temere errarunt, donec illarum aliquae, pro sua magnitudine et soliditate, ad orbem usque saturni rapi potuerint, in qua distantia satis magnam radiorum solarium copiam excipientes iterum fulgere coeperint. At praeterquam quod commenticia vorticum hypothesis post excultam diligentius sublimiorem mechanicam profligata omnino fuerit, merum figmentum est nulla ratione innixum praedicta opinio. Nec minus ficticius est planeta, quem remotissimum et longe ultra saturnum circa solem revolvi ponit Iacobus Bernoullius. Planetam hunc fingit suos habere satellites, qui ubi ad nos propius accesserint in orbitae suae parte inferiore, a sole magis illustrati, sub adspectu cadant, occulto semper manente planeta primario ob immanem illius a terra distantiam. Sed hoc fuit merum magni viri in iuvenili adhuc aetate *conamen*, ut ipse fatetur, irritum tamen omnino. Quod quidem facile demonstrat cometarum et planetarum analogia sum-

ma, magis ac magis in huius conclusionis progressu declaranda.

Cometae via mechanice in coelis explorari potest hoc modo. Observentur quotidie stellae quattuor, quarum ea sit positio, ut cometa reperiatur in concursu duarum linearum, quae oppositas stellas iungunt. Id autem examinari facile potest, si filum tensum oculis admoveatur. Observatio quotidie iteretur, et pro singulis diebus in globo coelesti cometae loca notentur: delineata habebitur via cometae in coelis, quae deprehendetur esse circulus maximus. Omnia enim notata puncta in circuli maximi peripheria invenientur. Hinc manifestum est, cometas moveri in plano, quod per oculum spectatoris seu potius per solem transit, quemadmodum antea de planetis observavimus. Datis autem duobus huius circuli punctis, datur eius inclinatio ad eclipticam, ac proinde et intersectio cum ecliptica, sive nodorum locus, in quo nempe extensum filum secat eclipticam. Porro quamvis cometae motus fieri videatur in circulo maximo, vera tamen eius semita multum differt a circulo. Omnis quidem motus, qui in plano per oculum transeunte peragitur, fieri videtur in circulo maximo, quaecumque sit semita. At cometarum orbitam circularem non esse manifestum est. Etenim cometae fere semper conspicui essent, ut sunt planetae. Quoniam vero cometae brevi tem-

pore apparent, et diutissime latent; oportet, exigua omnino sit illorum orbitae pars soli nobisque proxima, reliquo omni arcu longissime recedente. Sed de cometarum orbita sermo erit in sequenti capite. Interim ex observationibus colligitur, cometarum orbitas neque esse lineas rectas, neque curvas versus solem convexas. Etenim cometae aliqui toto apparitionis suae cursu describere observantur arcum coelestem 80°, 100°. Nonnulli describunt 150°, 200°, 250°, 300°. Porro fieri nequaquam potest, ut linea recta vel curva convexa, quaecumque sit illius magnitudo vel positio, sub angulo 180° videatur. Igitur cometarum orbitae versus solem sunt concavae. Et quidem cometae circa solem, non secus ac faciunt planetae, areas describere observantur temporibus proportionales. Tendunt ergo in solem, et circa ipsum revolvuntur, ut patet ex demonstratis in physica generali *sect. 1. cap. II.* Ceterum haec pauca attigisse nunc satis sit, alia plurima in refellendis obiectionibus explicabimus. Interim concludere licet, sidera illa planetis sunt adnumeranda, quae in planetarum regione moventur, et eadem cum planetis habent phaenomena; atqui ex modo recensitis observationibus aperte constat, cometas supra regionem lunarem cum planetis versari; ergo cometae non sunt corpora sublunaria, sed planetis similia.

SOLVVNTVR OBIECTIONES.

Obiect. 1. Inter cometas et planetas varietates plurimae iam antea breviter obseruatae sunt. Proprius cometarum motus non est idem in omnibus. Alii ab oriente in occidentem tendunt, aliorum motus fit in antecedentia planetarum cursui contrarius. Omnes cometae diligenter observati deflectunt ad boream vel austrum, neque planetarum more in aliquo spatio comprehenduntur; sed inde migrant magna motuum varietate, et in omnes coelorum regiones feruntur, alii celerius, alii tardius. Cometam observavit Regiomontanus, cuius tanta erit velocitas, ut uno die 40° peregerit. Tandem cometae spectatorum oculis sese citissime subducunt. Hinc concludere licet; planetis adnumerandos esse cometas, ex analogia demonstrari solet; atqui analogiam tollit cometarum et planetarum comparatio; ergo cometae non sunt planetis accensendi. Resp. N. min. Prima huius obiectionis pars facile evanescit, si revocemus in memoriam, vi duplici, una scilicet semel impressa et uniformi, altera autem centripeta et variabili curvam circa centrum aliquod describi posse, quod quidem in planetis circa solem fieri iam demonstravimus. Verum directio motus impressi non est ad aliquam partem determinata, ad sinistram

vel dexteram, ad boream vel austrum, aut quamlibet aliam plagam. At directio motus compositi ex vi uniformi impressa, et ex vi centripeta pendet tantum ex directione vis impressae, et ex positione centri virium. Quare quum supremus motor pro sua omnipotenti et libera voluntate astris motum imprimere potuerit, diversa motuum directio non tollit cometas inter et planetas analogiam, quae in eo posita est, quod nempe utrumque siderum genus circa solem revolvatur. Quod autem cometae saltem primi per breve tempus sese conspicuos praebent, repetendum est ex ipsa orbitae excentricitate. Si planetae orbita ita sit excentrica, ut diameter illius in *aphelio* seu in maxima a sole distantia, sub angulo infinite parvo conspiciatur; iam manifestum est, diametrum ac proinde et planetam in aphelio evanescere. Conspicuus igitur erit planeta dumtaxat in *perihelio* seu in minima a sole distantia, atque tamdiu conspicuus manebit, donec nimia non sit illius a sole distantia ita, ut diameter sub angulo non valde exiguo observari possit.

Inst. 1. Cometae nullas certas periodos habere observantur. Anno 1702 Romae conspicuus fuit cometa, eumque ipsum fuisse, credidit Cassinus, quem Aristoteles observaverat, et qui anno 1668 rursus sese conspicuum praebuit. Ille igitur cometa brevi 34

annorum periodo in hac hypothesi revolvitur. Anno 1702 observatus fuit alius cometa, ex cuius velocitate et directione coniecerunt Blanchinius et Maraldus, eumdem fuisse, qui anno 1664 iam apparuerat. Hunc cometam anno 1750 apparuisse, refert Cassinus, iterumque anno 1698 conspicuum fuisse, testis est Lahirius. Itaque huius cometae periodus foret mensium 43, ac proinde ab ann. 1652 ad 1698 periodos 14 absolvisset. ¿Ecquis autem crediderit, cometam hunc in tanta observationum astronomicarum adsiduitate et diligentia astronomorum oculis per integras revolutiones quattuordecim non patuisse? Verum ut alias omittamus plurimas cometarum observationes, satis erit referre cometas duos, qui prae aliis omnibus maiori diligentia observati fuere. Vnus scilicet observatus fuit annis 1531, 1607, 1682, qui proinde quarto conspicuus esse debuit ann. 1758. Alter cometa observatus est ann. 1680, et is ipse creditur, qui annis 1531 et 1106 visus est, cuius proinde periodus est annorum 575. Verum si accurate conferantur inter se cometarum observationes; nec satis congruunt conditiones singulae, neque etiam ipsa tempora periodica. Nulli hactenus observati fuerunt cometae, quorum orbitae eamdem retinuerint ad eclipticam inclinationem eamdemque in perihelio velocitatem, quae tamen conditiones duae omnino observari debuissent, si

idem cometa iterum rediisset. Quod spectat ad cometam ann. 1682 observatum, et anno 1758 exspectatum, astronomorum exspectationem elusit. Apparuit quidem cometa 1759. Sed praeterquam quod integro anno tardior fuit, non conveniebant accurate omnes utriusque cometae circumstantiae. Ex his observationibus sic concluditur: si cometae planetarum more circa solem revolverentur, certo innotuisset multis abhinc annis cometarum reditus; atqui recensitae observationes manifeste probant, illud astronomis impossibile fuisse; ergo cometae certa periodo non revolvuntur. Resp. N. min. De certis cometarum periodis nullus est dubitandi locus. Quod autem rarissimus sit cometarum reditus, tribuendum est duplici causae. Longissima est cometarum periodus, ideoque et tardissimus illorum reditus. Praeterea nullas satis tutas cometarum observationes reliquerunt veteres astronomi. Neque enim temporibus antiquis ea, quae omnino necessaria est, subtilitate habebantur observationes, et maxime circa cometas, quorum brevior apparitio diuturnas observationes non permittebat. Hinc fit, ut duo tantum hactenus noti sint cometae, quorum tempus periodicum certo cognitum est. Vnus observatus fuit annis 1531, 1607, 1682, et quarto visus est anno 1759. Alter cometa observatus fuit anno 1680, atque is ipse est, quem apparuisse referunt astronomi

annis 531, 1106 ita, ut tempus periodicum constitui debeat annorum circiter 575. Neque cometarum periodo certisque legibus obstare debet, quod non conveniant accurate omnia motuum elementa in observationibus cometarum, qui pro uno eodemque cometa habentur. Etenim aequalitas illa, ut iam antea adnotavimus, causis physicis adscribi debet. Satûrni motus a ceteris planetis et praesertim a iove maxime perturbatur. Fieri ergo potest, ut unus idemque cometa bis observatus non secet eclipticam sub eodem angulo et in eisdem locis. Neque repugnat, eamdem non esse eiusdem cometae velocitatem in perigaeo. Talibus enim erroribus aliisque plurimis obnoxia est luna. Igitur quod cometa ann. 1759 observatus astronomorum quorumdam exspectationem fefellerit, referri debet variationibus, quas praecipiti nimis iudicio neglexerant aliqui. Has autem incredibili solertia ad calculum revocavit Clairautius, tantaque diligentia, ut cometae reditus paucis diebus a calculo aberraverit.

Obiect. 2. Cometae aliqui ad terram proxime accesserunt. Anno 1472 observatus fuit cometa, cuius parallaxis plusquam vigesies maior erat parallaxi solari. Cometa observatus anno 1680, computante Halleyo, a boreali orbitae terrestris parte distabat die 11 novembris intervallo circiter semidiametrorum terrestrium 60. Quare si tunc temporis ad

hanc orbitae suae partem tellus pervenisset, parallaxis cometae haud maior fuisset parallaxi lunari. Porro in tam exigua cometae tellurisque distantia multum nobis ex cometarum vicinia timendum foret; immo si cometae planetarum densitatem aemulentur, ex attractionis legibus fieri facile posset, ut cometa circa terram, vel etiam tellus circa cometam lunae instar revolveretur, atque deinde tum cometa tum terra in remotissimas planetarum regiones raperentur. His positis sic argumentari licet: admittenda non est hypothesis illa, quae universam mundi compagem turbaret, variosque planetarum coelos confunderet; atqui sic res se haberet, si cometae eamdem cum planetis naturam haberent; ergo cometae diversam omnino a planetis naturam habent. Resp. dist. mai.: hypothesis illa mundi compagem turbaret, nisi D. O. M. planetarum cometarumque systemati certas leges praescripsisset, C. mai., si Deus certis, legibus planetarum orbitas motusque coërceat N. mai. et cons. Re quidem vera si cometa aliquis ad tellurem vel planetarum quemlibet propius accederet, variis modis pro massarum varietate diversaque velocitate turbari posset mutuus illorum motus, immo ad contactum pervenire possent, et in unicam massam coalescere planeta et cometa. At sapientissimo divinae providentiae consilio systemata omnia certis legibus ita gubernat

supremus rerum omnium artifex, ut mundus hic, quamdiu omnipotens auctor iusserit, perseveret. Metuenda quidem est et adoranda Dei punientis manus. Verum divinae ultionis arcana non sunt curiosius scrutanda, sed precibus exoranda divina clementia vitaeque sanctitate obtinenda. Itaque inter vanissima deliramenta reiici debent, quae de universali diluvio et de ultima orbis conflagratione fabulatur Wisthonus *in systemate solari.* Advertit Halleyus, cometam, qui mense septembri post Iulii Caesaris mortem anno 44 ante Christum natum visus est, rursus apparuisse anno Christi 531 Lampadio et Oreste consulibus: deinde in conspectum rediisse mense februario anno 1606, et tandem observatum fuisse anno 1680. Itaque huius cometae periodus foret annorum 575. Hanc autem periodum a morte Iulii Caesaris ad retroacta tempora ex ordine numerans Wisthonus, adfirmat, eumdem cometam diluvii anno apparuisse, et huius cometae vapores atque exhalationes diluvii aquas subministrasse. Alteri cometae ad solem propius et deinde ad terram accedenti ultimam terrae conflagrationem tribuit. Sed haec mera sunt viri somniantis potius quam philosophantis figmenta. Nec refelli debet ineptissimus error, qui apud cultiores gentes iam omnino exolevit. Et nempe fuit vulgi atque etiam veterum quorumdam philosophorum opinio, co-

metas esse funestorum eventuum causas vel signa praevia. Quod quidem si verum esset, frequentissimi essent cometae, quum nullum sit tempus, quo miseri mortales ingentibus malis alicubi non premantur. Paucis abhinc annis eximium doctrinaque astronomica refertum librum edidit M. Du Sejour parisiensis academiae socius, subtilissimisque calculis demonstrat, ex cometis, qui hactenus observati fuere, nihil mali timendum esse, ubi eos iterum redire contigerit.

Obiect. 3. Cometae in coelis trahere solent interdum longiorem quemdam nebulosum ductum, qui si a nucleo cometae protenditur in eas partes, ad quas motu proprio tendit cometa, dici solet *barba.* Si autem in partes oppositas, *cauda* vocatur. Ille autem nebulosus cometarum tractus mutabilis omnino est: brevior aliquando: ad maximam deinde longitudinem exporrigitur: postea decrescit, atque omnino evanescit. His positis sic concluditur: omni caret verisimilitudine planetis adnumeranda esse corpora illa, quae in vapores atque exhalationes abire, ac tandem evanescere omnino videatur; atqui ita in cometis contingit; ergo cometae nihil commune cum planetis habent. Resp. N. min. Probabilissimum est, cometarum caudas nihil aliud esse, quam vapores seu exhalationes ex ipso cometae nucleo exeuntes, agente sole, ad quem proxime accedunt. Et re

quidem ipsa, eo longior observatur cometarum cauda, quo minor est distantia illorum *perihelia* et contra. Quum autem cometae ad longissimas deinde excurrant a sole distantias, magnam humorum copiam admittere et concipere debent. Illi autem humores vi solis in distantia perihelia rapiuntur atque sublevantur. Quare verisimile est, illas cometarum nebulas in maiori a sole distantia decrescere atque tandem dissipari, in reditu ad solem iterum formandas. Hinc etiam intelligere licet, cur planetae, qui ad tantas a sole distantias non evagantur, his vaporibus non observentur obnoxii. Porro quamvis cometarum caudae, si motum impressum retinerent, et in solem vi gravitatis tenderent, orbitas curvilineas circa solem simul cum cometis describere debeant, iterum in conspectum redituræ; de his tamen vaporibus idem non debet fieri iudicium, quod de corporibus fixis, quae easdem perpetuo servant motuum viriumque leges. Hinc longe probabilius iudicamus, vapores illos inconstanti motuum varietati omnino obnoxios, et atmosphaerae nostrae vaporibus fortasse simillimos omnino dispergi atque dissipari. Sed quidquid sit, ex vaporum illorum inconstantia atque mutabilitate minime concludi potest, iisdem mutationibus obnoxios esse cometas. Inepte enim argumentaretur, qui ex telluris vaporibus incerta lege nascentibus et evanescentibus tel-

lurem quoque iisdem legibus subiectam et ex planetarum numero excludendam colligeret. Ceterum quo evadant cometarum caudae, an a planetis attractae in illorum substantiam transeant, ignotum omnino est. At materiam illam tenuissimam esse, certissimum est; quum pellucidae sint cometarum caudae, et trans ipsas splendidae luceant stellae. Ex his autem, quae breviter diximus, facile intelliguntur praecipua caudarum phaenomena. Si cometa sit *perihelius*, maxima velocitate e cometae nucleo erumpunt vapores, qui deinde particularum gravitate retardati adscendunt, et caudae longitudinem augent. Huius autem caudae extremitas a sole remotior, satis magnam non reflectens lucis copiam, saltem oculis evanescit. Hinc patet, cur breviores cometarum caudae diutius fiant conspicuae. Sunt enim veluti permanentes vaporum columnae, quae minori vi e nucleo erumpunt, et motu tardiori in spatiis nihil aut fere nihil resistentibus delatae, tardius evanescunt. Declinare observantur cometarum caudae paullulum a linea per solem et cometam ducta, viam flectendo ad latus. Etenim fumus aut vapor quilibet a corpore motu impulsus, oblique adscendit, aliquantulum scilicet deflectens e semita corporis impellentis. Haec autem deviatio minor est prope ipsam cometae nucleam et in minori a sole distantia. Maiori enim velocitate adscendit vapor in mi-

nori a cometa et a sole distantia. Tandem latior est cauda versus extremitatem, quam versus caput. Vapores enim in spatiis liberis rarefiunt et dilatantur. Ceterum fumi exemplum pleraque caudarum phaenomena feliciter illustrat. Etenim sicut in aëre nostro corporis cuiusvis igniti fumus petit superiora, et quidem perpendiculariter, si corpus quiescat, oblique autem in latus si corpus moveatur; ita in coelis, ubi corpora gravitant in solem, fumi et vapores adscendere debent a sole eodem modo, quo fumus in camino adcendit impulsu aëris, cui innatat. Aër ille per calorem rarefactus adscendit ob diminutam gravitatem specificam, fumumque implicatum rapit secum. Ita calore solis rarefacta aura aetherea ob imminutam gravitatem specificam adscendet, et secum rapiet tenuissimas caudae particulas, adiuvante atque impellente lucis solaris impetu. Inde manifestum est, cur vaporum adscendentium tractus ad partes soli oppositas dirigatur. Quare ubi cometa ad solem tendit, vapor relinquitur post cometam, et dicitur *cauda*. Vbi autem cometa recedit, a sole, vapor praeit, et *barba* vocatur. Porro adscensus obliquitas minor est, ubi velocior ut vaporis adscensus, nempe in vicinia solis et corporis fumantis, quum potentior sit vis, qua vapor adscendit. Ex obliquitatis autem diversitate incurvabitur vaporis columna. Et quia vapor in

curvaturae parte convexa prior erumpit, is ibidem paullo densior est; lucemque copiosius reflectet, ideoque pars convexa limite magis distincto terminatur. Haec omnia cum phaenomenis licet probe consentiant, probabilissime tantum dicta volumus sine ulla aliarum hypothseωn, quae maximo ingenio excogitatae fuerunt, iniuria. Immo ad cometarum caudas plurimum etiam conferre atmosphaerae solaris particulas, certum videtur, ut opinatur doctissimus Mairanus, ubi cometae ad solarem atmosphaeram descendunt. Atque etiam iisdem caudis materiam subministrat ipsorum cometarum atmosphaera, ut doctissimo Eulero visum est.

ARTICVLVS V.

De planetis secundariis.

De planetis secundariis saepe saepius iam data occasione mentionem fecimus. Saturnum comitantur satellites quinque, iovem quattuor, tellus autem unicum habet satellitem, lunam scilicet. De saturni et iovis satellitibus pauca adiungemus, lunae phaenomena fusius explicaturi. Satellites saturni et iovis, atque etiam satelles terrae ad orientem et occidentem planetae primarii alternis vicibus sunt positi: ad partes oppositas per vices redeunt. Vbi autem satelles ad *elongationem*

Fig. maximam pervenit, tandem ex utraque parte servat a planeta distantiam, atque eodem circiter tempore ad eamdem elongationem redit. Ex his digressionibus distinguuntur a se invicem iovis et saturni satellites. Ita primus satelles appellatur, qui minus digreditur a planeta primario, seu cuius brevius est tempus periodicum, et sic de aliis pro digressionis ordine. In qualibet satellitum revolutione duae fiunt satellitis cum planeta primario coniunctiones, una *superior*, quae ultra planetam respectu solis contingit, dum nempe satelles a digressione occidentali rransit ad orientalem, altera autem *inferior*, quae fit cis planetam, dum satelles ab orientali digressione ad occidentalem transit. Quia vero planetae primarii et secundarii suam lucem mutuantur a sole, satelles transiens per discum planetae primarii in coniunctione inferiore, ficticiis planetae incolis, qui infra satellitis semitam essent positi, solares radios occultabit, iisque eclipsim solis creabit. At ubi satelles in coniunctione superiore transit pone discum planetae; satelles ipse umbrae immergitur, seu eclipsim patitur. Sed eclipsium doctrina commode explicari non potest, nisi de luna paullo fusius dicamus.

52. *Defin.* 1. Lunae *phases* appellantur diversae figurae, quas illius discus terrae incolis exhibet. Sit *S* sol, *T* tellus; si luna sit in *coniunctione* cum sole in *E*, dum

nempe luna e tellure visa eidem zodiaci gradui imminet, cui respondet sol ipse, lunae discus in coelo evanescit, fitque *novilunium*, ut omnibus notum est. Si luna sit in *oppositione* in *A*, dum nempe distat a sole per 180°, lunae discus integro circulo terminatur, habeturque *plenilunium*. In primo casu luna medium inter solem et terram locum obtinet; in secundo terra inter solem et lunam versatur. Lunae coniunctio et oppositio communi nomine *syzigiae* appellantur. Luna autem dicitur esse in *quadraturis*, dum a sole distat per 90°, in punctis *C* et *G*.

Corol. 1. Varias lunae phases per integram *lunationem*, dum nempe luna ab una coniunctione cum sole ad proximam redit, haud difficile est intelligere. Quoniam luna est corpus sphaericum et opacum, dimidius lunae discus radiis solaribus semper illustratur, altero hemisphaerio in umbra latente. Igitur hemisphaerium lucidum ab hemisphaerio obscuro dirimit circulus maximus *MN*, cuius planum semper perpendiculare est ad rectam, quae e sole ad lunam ducitur. Compendii ergo circulus ille *MN* dicatur *E*. Quia vero dimidia dumtaxat globi superficies circiter conspicua esse potest, ex omnibus circulis maximis superficiei sphaericae, ille dumtaxat integer videri potest, cuius planum est perpendiculare ad radium ex oculo ductum ad centrum sphaerae, qui proinde

circulus hemisphaerium visibile terminat; aliorum autem circulorum pars dimidia tantum videri potest. Dicatur *V* circulus iste *PO*, qui terminat hemisphaerium lunae a terra conspicuum. Porro positio plani *V* seu *PO* constans semper manet respectu terrae, huiusque circuli figura circulum constanter repraesentat, ut patet. Praeterea ex lunae phasibus manifestum est, hemisphaerium illuminatum *MON* respectu hemisphaerii e terra visibilis *PMO* lunationibus singulis integram revolutionem absolvere circa communem intersectionem utriusque plani, circulorum nempe *E*, *V*, seu *MN* et *OP*. Haec autem communis intersectio est diameter sphaerae. Quod evidens est, quum duo circuli maximi sphaerae sese in partes aequales dividant. Itaque planum circuli *E* seu *MN*, qui hemisphaerium illuminatum terminat, transit per omnes positiones possibiles respectu radii ex oculo ad centrum lunae ducti, ac proinde huius circuli figura modo circularis apparet, modo elliptica, aliquando rectilinea, prout circuli *MN* planum vel ad radium perpendiculare est vel obliquum, aut cum ipso radio coincidens. Iam vero ob revolutionem circuli *E* seu *MN* circa diametrum circuli *V* seu *OP* pars superficiei lunaris, quae respectu terrae illuminata apparet, semper clauditur duobus semicirculis, quorum unus circuli *V* seu *PO*

dimidius figuram semicirculi semper exhibet; (*ex dem.*) alter autem circuli *E* seu *MN* dimidius modo tamquam semicirculus, modo tamquam semiellipsis, aliquando veluti linea recta conspicitur.

Coroll. 11. Ex his intelligitur phases lunares. In coniunctione lunae cum sole, dum luna inter solem et terram versatur in puncto *E*; circulus *E* seu *MN*, qui hemisphaerium illuminatum terminat, coincidit cum circulo *V* seu *PO*, qui terminat hemisphaerium visibile. Verum quia hemisphaerium illuminatum directe soli expositum, telluri opponitur; nulla pars lunae illuminata apparet. Dum vero luna in sua revolutione progreditur, hemisphaerium illuminatum *MON* versus hemisphaerium visibile *OMP* promovetur: semicirculi *E, V*, seu *MON*; *OMP* mutua intersectione efficiunt duos angulos sphaericos acutos. Igitur paullo post novilunium videri debet spatiolum lucidum *OMF* dimidia occidentali parte circuli *V*, et dimidia parte circuli *E* terminatum. Haec pars dimidia *E* elliptica conspicitur, primo tamen fere circularis apparet; planum enim circuli *E* multum distat ab illa positione, in qua radio e terra ad lunam ducto perpendiculariter insistit, atque huius ellipseos convexitas semicirculi *V* concavitati obvertitur, et apparent *cornua* lunae, quorum apices, angulorum nempe sphaericorum vertices, sunt extremitates diametri lunaris, circa quam cir-

culus *E* volvitur. Hic autem circulus *E* magis ac magis promovetur versus hemisphaerium visibile, et ad lunae cornua efficit angulos sphaericos continuo maiores. Quare huius circuli planum magis ac magis inclinatur ad radium ex tellure ad lunam ductum. Igitur dimidia pars circuli *F* semiellipseos figuram refert, quae magis ac magis contrahitur usque ad quartam revolutionis lunaris partem. Tunc enim, nempe in puncto *G*, semicirculi *E* planum ad planum semicirculi *V* perpendiculariter insistit, ac proinde coincidit cum radio ex terra ad lunam ducto. Quare haec semiellipsis abit in lineam rectam, et pars lunae illuminata imitarur semicirculum diametro terminatum. Haec phasis *primus lunae quadrans* dicitur. Deinde in puncto *H* semicirculus *E* seu *MN* versus hemisphaerium visibile *PO* perpetuo progreditur, et cum semicirculo *V* angulos sphaericos magis ac magis obtusos efficit; tunc semiellipsis, quae est semicirculi *E* repraesentatio, suam convexitatem obvertit ad partes circuli *V* semissi occidentali oppositas, magis ac magis dilatatur, ac proinde pars illuminata ad circuli integri figuram accedit magis. Hanc figuram tandem adquirit in puncto *A*, dum in oppositione lunae cum sole planum circuli *E* perpendiculariter insistit radio e terra ad lunam ducto, tumque circulus ille integer conspicitur, et cum circulo *V* coincidit. Haec phasis

plenilunium appellatur, tumque circulus *E*, et luna ipsa dimidiam compleverunt revolutionis partem. Deinde circulus *E* dimidiam alteram revolutionis suae partem absolvens, easdem figuras iterum lunae restituit. Semicirculus *E*, qui cum dimidia circuli *V* parte orientali illuminatam partem claudit, rursus abit in semiellipsim, quae primum ad semicirculi figuram magis accedit, deinde contrahitur magis, donec in lineam rectam abeat post tres revolutionis quadrantes in puncto *C*. Atque haec phasis *ultimus lunae quadrans* vocatur. Tandem semiellipsis magis ac magis dilatatur, suam convexitatem semicirculi *V* parti concavae obvertens, atque omnino evanescit coincidens cum circulo *V* in sequenti novilunio *E*. Ceterum facili machina adolescentum imaginatio sublevari potest, adhibendo scilicet globulos duos, quorum unus terram, alter vero lunam referat; deinde efficiatur, ut lucentis candelae radios pro diversis lunae phasibus excipiat globulus lunam repraesentans. Hoc artificio lunares phases quodam modo adumbrare licebit.

Defin. 11. Mensis synodicus sive *lunatio* appellatur tempus, quod impendit luna, dum ab una coniunctione cum sole ad coniunctionem proximam redit. Illud autem tempus definitur spatio 29 dier. 12 hor. 44′. Mensis autem *periodicus* vocatur tempus, quo luna terram circumeundo, orbitam suam describit

spatio 27 dier. 7 hor. 43′. Mensem synodicum maiorem esse mense periodico, manifestum est. Etenim dum luna in propria orbita periodum absolvit, interea tellus eiusque comes luna circa solem eundo, integro fere signo versus orientem promovetur, ut punctum orbitae, quod in priori situ, in recta scilicet centra terrae et solis iungente iacebat, nunc sole paullo occidentalius sit, ac proinde quum luna ad illud punctum pervenit, nondum in coniunctione cum sole versatur. Praeter motum lunae in sua orbita, ipsam quoque circa axem revolvi compertum est, atque rotatio illa fit spatio 27 dier. 7 hor. 43′, nempe ipso tempore periodico lunae. Idque facile colligitur ex eadem lunae facie, quae telluri perpetuo obvertitur. Etenim si obiectum aliquod circa aliud revolvatur, eadem semper conspicua manente obiecti facie; evidens est, idque uniuscuiusque facile experiri potest, obiectum, quod eamdem semper faciem ostendit, eodem modo circa proprium axem moveri, quo ipsum motu periodico circa obiectum aliud revolvitur.

Prop. 1. LVNAE FACIES INAEQVALIS OMNINO EST ET ASPERA.

Prob. Etenim si lunae superficies tersa omnino esset et polita, ut in speculis; undequaque lucem non reflecteret, sed solis ima-

ginem exiguam admodum instar puncti splendidissime micantis tantum ostenderet. Verum sicut in corporibus terrestribus, sic in luna scabra est superficies. Vnde fit, ut lucem solarem undequaque diffundat, et corpora terrestria illuminet. Non solum inaequalis et aspera est lunae superficies, sed altissimis montibus profundissimisque vallibus tota obsita creditur. Et quidem si nullae in luna exstarent partes reliquis altiores, in diversis lunae phasibus semper accurate terminata apparerent confinia lucis et umbrae. Verum si telescopio lunae vultum quis contemplatus fuerit, confinium illud nulla regulari linea, sed dentatum, serratum, multisque amfractibus intercisum observavit. Tota lunae superficies mirabili varietate distincta apparet. Quaedam enim partes splendidissime lucent; aliae autem non paucae tamquam maculae obscuriores videntur. Sed inanes de macularum illarum natura quaestiones praetermittimus, atque ad eclipses cum lunae tum solis properamus.

DE ECLIPSIBVS.

Si planetae primarii discum propius amplectatur satellitis orbita, sitque huius orbitae planum ad planetae orbitam valde inclinatum, evidens est, in omnibus coniunctionibus inferioribus satellitem hunc aliquam superficiei planetae partem soli eripere, ac pro-

Fig. inde umbra satellitis in planeta primario eclipsim creare debet. At in coniunctionibus superioribus satelles planetae primarii umbram subit, ideoque ipse eclipsim patitur. Verum si orbita satellitis ad planetae orbitam sit vel
54. parum inclinata ita, ut angulus *ONR* sit satis magnus, sitque orbita illa satis magna ita, ut planeta in elongatione sua satis recedat a puncto *N*, quales sunt orbitae saturniorum satellitum quarti et quinti, iovialis autem quarti, et ipsius lunae orbita; evidens est, in coniunctionibus, quae longius a nodis fiunt, v. g. si sit planeta in *F*, dum nempe apparens satellitum semita abit in ellipsim valde elongatam ita, ut minor illius axis planetae diametrum excedat; iam satelles in coniunctionibus inferioribus nullam soli occultare potest planetae partem, ac proinde nulla est eclipsis solis. In coniunctionibus autem superioribus planetae discus satellitem soli non subtrahit, ideoque nulla est eclipsis satellitis vel lunae. Igitur contingere non possunt eclipses, nisi *syzigiae* prope nodos in *N* celebrentur. Itaque si planeta in coniunctione inferiore nodum alterutrum *N* teneat, iam eclipsis solis transit per medium planetae discum. In coniunctione autem superiore satelles transit per axem coni *MPE*, quem planetae primarii umbra proiicit, et quem *conum umbrosum* vocant. Igitur quo longius planeta distat a nodo, eo longius di-

stat satellitis umbra a planetae centro in coniunctionibus inferioribus; in coniunctionibus autem superioribus eo longius distat satelles a centro umbrae planetae.

Defin. 1. Si planeta excurrat paullulum citra puncta orbitae, in quibus satellitum remotiorum coniunctiones desinunt esse *eclipticae*, ut in puncto *F*, quae ideo appellantur *limites eclipsium*; tunc pars aliqua satellitis dumtaxat in coniunctionibus inferioribus planetae partem occultat, ut fit in puncto *G*. Et in coniunctionibus superioribus pars aliqua satellitis tantum planetae umbram ingreditur, atque eo minor est pars illa, quo prior est planeta praedictis limitibus. Tales eclipses dicuntur *partiales*; aliae autem *totales* vocantur. Itaque prope nodos totales fiunt eclipses; prope vel citra limites sunt tantum partiales. Ex his etiam patet, in coniunctionibus inferioribus *eclipticis* solem eclipsim pati dumtaxat in iis planetae punctis, quae imminent vestigiis umbrae satellitis. Quare si paullo maior sit planeta respectu satellitis, iam planetae incolae in iis superficiei planetariae punctis, quae a sectione globi planetae et plani ecliptici longius distant, eclipsim solis non patiuntur, nisi satelles paullo removeatur a plano ecliptico, ad partes scilicet, in quibus positi finguntur incolae. In hoc casu incolae ad alteram plani ecliptici partem positi nullam pati possunt solis ecli-

psim. Contra autem in coniunctionibus superioribus eclipticis, dum satelles umbrae immergitur, fieri non potest, ut satelles quibusdam incolis eclipsim pati videatur, aliis autem incolis splendeat. Itaque eclipses lunae vel satellitum *universales* dici possunt. At solis eclipses quibusdam tantum planetae primarii incolis sunt conspicuae. Praeterea in eclipsibus solis fieri posse intelligitur, ut satellitis discus e suo planeta primario visus non ita magnus appareat, quin aliquam solis partem circa limbos undequaque conspicuam spectatori permittat, praesertim si satelles atmosphaera aliqua circumcinctus sit. In hoc casu circa solis limbum quaquaversum conspicitur annulus lucidus ex refractione luminis in atmosphaera praecipue oriundus, et ideo eclipsis illa *annularis* dicitur. Verum si tantum sit satellitis corpus, ut quibusdam planetae primarii incolis totum solis discum subtrahat, tunc eclipsis simpliciter *totalis* vocatur.

Coroll. 1. Ex hactenus explicatis tandem intelligitur, eclipseos solaris initium tunc spectatori alicui contingere, dum satelles motu suo ad eum ita accessit coeli locum, in quo sol videtur, ut distantia centri satellitis a centro solis aequalis appareat summae angulorum, sub quibus spectator videt satellitis et solis semidiametros. Itaque eclipseos initium esse potest spectatori alicui, dum spe-

ctatori alteri finis vel medium contingit, aut etiam nondum inchoata eclipsi spectatoribus aliis. Patet etiam, iis incolis, qui in vestigii umbrosi limbo interiori versantur, eclipsim totalem unico dumtaxat instanti apparere. Talis eclipsis dicitur *totalis sine mora*. Qui autem umbrae profundius immerguntur, eclipsim talem habent diuturniorem, atque eclipsis dicitur *totalis cum mora*. Simili ratione manifestum est, iis, qui limbo exteriori umbrae immersi sunt, obscuratam solis partem aliquam dumtaxat apparere, et quidem eo minorem, quo remotiores sunt ab eodem limbo; quum aliqua dumtaxat pars satellitis solem occultet ita, ut in certa a limbo umbroso distantia eclipsis nulla fiat. Igitur solaris eclipsis in quibusdam locis totalis esse potest, partialis in aliis: quibusdam incolis in disci solaris septentrionali parte potest apparere; aliis autem in parte australi. At contra in eclipsibus satellitum, dum satelles magis ac magis umbrae immergitur, eius disci partes variae obscurantur atque occultantur. Spectatores singuli, quibus satelles conspicuus esse potest, hunc vident eodem temporis puncto atque eodem modo umbrae immersum; nempe totalem vident eclipsim, si totalis est, partialem, si partialis. Generatim spectatores duo in quolibet planetae loco nullam in eclipseos lunae aut satellitis phasibus differentiam observant; dummodo

satelles duobus spectatoribus sit conspicuus. Igitur eclipses lunares sunt *universales*, hoc est, in omnibus terrestris globi partibus conspicuae, si luna sit supra horizontem: eiusdem ubique sunt magnitudinis: eodem tempore initium et finem habent. Id quidem evidens est. Quum enim eclipsis lunaris inde oriatur, quod luna telluris umbram subeat, eodem omnino tempore luna telluris umbram ingredi videtur ubique terrarum, non secus ac candelae lumen in cubiculo extinctae omnibus, qui in eodem sunt cubiculo, evanescit. Hinc patet, maximam esse eclipsium lunae vel satellitum utilitatem ad definiendam meridianorum differentiam in diversis locis. At eclipsium solarium observationes sine reductionum ambagibus hunc usum praebere non possunt. Haec autem in geographia commodius explicabimus.

Coroll. II. Ex hactenus explicatis determinari possunt, et ad calculum revocari eclipsium lunarium et solarium phases. Solaris eclipseos initium et finis celebrantur, dum arcus, qui centrorum solis et satellitis distantiam metitur, semidiametrorum solis et satellitis summae aequalis apparet. Itaque computatis per tabulas astronomicas loco et tempore coniunctionis verae satellitis cum sole, si latitudo apparens satellitis minor est praedicta semidiametrorum summa, eclipsim solis contingere necessum est. Etenim quum lati-

tudo satellitis sit illius distantia ab ecliptica, hanc distantiam metitur arcus circuli maximi ad planum eclipticae perpendicularis et per satellitis centrum transeuntis; ac proinde in hoc casu latitudo est arcus distantiae centrorum satellitis et solis visorum e planeta primario.

Coroll. III. Simili modo satellitis vel lunae eclipsis initium et finem habet, ubi distantia centri satellitis a puncto planetae ecliptico, quod centro solis directe opponitur, et *centrum umbrae* dici solet, aequalis est summae semidiametri satellitis a planeta visi, et semidiametri umbrae in transitu per planetam. Eclipsis autem satellitis tunc totalis esse incipit vel desinit, dum centrorum satellitis et umbrae distantia semidiametrorum umbrae et satellitis differentiae aequalis est; tunc enim satellitis discus interiorem umbrae limbum attingit. Itaque per tabulas astronomicas computentur momentum et locus oppositionis satellitis, habebitur eclipsis, si latitudo satellitis in ipsa oppositione minor sit summa semidiametrorum umbrae et satellitis e planeta visi. Atque eclipsis erit totalis, si latitudo minor sit semidiametrorum umbrae et satellitis differentia, ut patet.

Prob. I. DETERMINARE METHODVM, QVA INVENIRI POTEST VMBRAE SEMIDIAMETER.

Fig. 53. Sit *SA* semidiameter solis *S* e planeta *T* sub angulo *STA* visi, sitque *CI* arcus orbitae satellitis *L* per umbram *BEG* planetae *T* transituri. Centrum umbrae est in *L*, et arcus *CL*, qui tamquam linea recta haberi potest, est semidiameter umbrae. Praeterea angulus *BAT* aequalis est parallaxi horizontali solis, angulus autem *BCT* parallaxi horizontali satellitis, quod manifestum est ex demonstratis *cap. 1.* Quare angulus *CTD* utriusque parallaxeos summae aequalis est, ex quo subtracto angulo *LTD* vel *ATS*, qui semidiametro solis e planeta visi aequalis est, remanet angulus *CTL* vel arcus *CL* semidiameter umbrae planetae in transitu satellitis per ipsum planetam. Quamvis punctum *C* sit terminus umbrae, debilior tamen fit lux satellitis, antequam terminum illum attingat. Dum enim satelles progreditur a puncto *H*, ubi tangenti *HBM* occurrit versus *C*, magis ac magis subtrahitur conspectus disci solaris *S*, qui umbrae planetae *T* immergitur, ideoque debilitatur lux satellitis, donec in *C* sol oculis omnino subducatur. Spatium *HC*, quod radiis solaribus magis illustratur, *penumbra* dicitur, atque etiam spatium *KI*, quod maiorem splendorem per gradus adquirit. Vmbrae terrestris magnitudinem auget atmosphaerae nostrae densitas. Quare parallaxi horizontali lunae addi solent aliquod minuta secunda pro diversa de atmosphaerae altitu-

dine astronomorum opinione. Atmosphaerae etiam tribuendus est alter effectus, nempe refringuntur solares radii planetam tangentes et versus umbram *L* accedunt, ac proinde obscuritatem minuunt. Huic refractionis effectui referendum est, quod in eclipsibus lunae totalibus debiliori luce resplendeat luna. Immo maiorem lucem adquirit versus eclipseos medium *L*, quam prope terminos umbrae *C* et *K*. Diametrum solis et lunae dividere solent astronomi in partes duodecim, quas *digitos* appellant, iisque utuntur ad exprimendam eclipseos quantitatem, nempe eclipsim dicunt tot digitorum, quot duodecimae partes diametrorum apparentium lunae vel solis obscurari debent. Ceterum qui explicatam eclipsium doctrinam probe intelligent, adhibitis astronomicis vulgaribus tabulis atque praeceptis, eclipsium durationem et quantitatem ad calculum revocare et praedicere facile poterunt. Sed singula persequi non licet.

APPENDIX.

De quibusdam capitis praecedentis utilitatibus.

Ingenii humani sagacitatem egregie demonstrat certus omnino fallique nescius eclipsium reditus. Rudioribus hominibus fere videtur

incredibile, ita accurate notas esse astronomis corporum coelestium distantias legesque, ut eclipses praedicere ipsumque temporis articulum facile definire possint. Eclipsium utilitatem summam in geographia deinde explicabimus. Nec minus certum est, ex cognita eclipsium periodo multum splendoris atque praesidii in exploranda temporum serie derivasse. Vbi nempe in historia quadam aliquid eo tempore contigisse dicitur, quo solis aut lunae eclipsis observata fuit, eadem eclipsi veluti perspicuo certissimoque charactere cognosci potest annus ac dies, quibus res illa ab historico narrata contigerit, quod nonnullis exemplis in chronologia demonstrabimus. Itaque desinat imperitum vulgus hanc praeclarissimam scientiam adspernari, et cum *astrologia* vanissimo virisque philosophis indigno studio confundere. Astronomia certissimis methodis coelestes motus ad calculum revocat. Astrologia autem, quam *iudiciariam* vocant, ex iisdem motibus expiscatur morales eventus, eos scilicet, qui ex voluntate liberisque hominum actionibus pendent. Stultum autem non solum est, sed etiam superstitiosum et religioni adversum sideribus tribuere talem vim atque auctoritatem in hominum voluntatem, quasi corporum coelestium influxu in nostris actionibus dirigamur. Nec minus imperite praeclarissima astronomiae scientia abutuntur, qui lunae solisque

eclipsibus aliisve planetarum adspectibus calamitates praenunciari, vanissimo terrore in animum sibi inducunt. Hunc turpissimum terrorem apud veteres frequentissimum fuisse, testantur antiqui scriptores. Archelaus, referente Seneca, quo die sol defecit, regiam clausit, et filium, quod in luctu rebusque adversis moris erat, totondit. Nicias, narrante Plutarcho, per plurimos dies, maxima atheniensium iactura, classis expeditionem retardavit. Inanem hunc terrorem a mortalium animis avertere curavit egregius philosophus Anaximander, qui eclipsium rationem primus omnium perspicue docuit, quam ob causam eum in vincula coniectum fuisse, scribit Plutarchus. Sed apage haec ineptissima deliramenta, quae in hodierna rerum astronomicarum luce rudiorem dumtaxat superstitiosamque plebem occupant. Meliorem praecedentis capitis usum demonstremus.

Admirandam et fere infinitam coelorum varietatem contemplemur: animo intueamur innumerabiles stellas, circa quas tamquam soles divinis legibus revolvuntur atque gubernantur planetarum systemata: universum hunc globum nostrum in tanta corporum coelestium immensitate veluti tenuissimum pulvisculum facile reputabimus. ¿Ecquis divinorum operum magnitudinem serie meditatus, omnem non deponet fastum atque superbiam, suamque tenuitatem et ignorantiam non fa-

tebitur? Etenim doctissimi etiam viri vix aliquid norunt, et universa illorum scientia ne primam quidem, ut ita dicam, alphabeti infiniti litteram continet. Superest ergo, ut gloriam nostram in animae nostrae dignitate et immortalitate collocemus, atque supremo rerum omnium auctori perpetuas agamus gratias, quod eam nobis concesserit facultatem, qua in hac mortali vita divina illius opera attingere et laudare possimus; altera immortali vita perfectaque cognitione frui-turi, quod faxit D. O. M.

CAPVT II.

De astronomia physica, seu de phaenomenorum coelestium causis.

Astronomia physica duas continet partes praecipuas, quarum 1.a planetarum orbitas considerat, altera autem mutuam planetarum actionem, et inde oriundos errores explicat. Quod spectat ad hanc secundam partem, haec cum planetarum densitate et figura coniuncta omnino est. Quare pro rerum varietate distinctos instituemus articulos ita, ut tamen ea, quae antea iam explicata sunt, breviter tantum revocemus: cetera autem fusius persequamur.

ARTICVLVS I.

De gravitatis coelestis systemate, et de planetarum orbita.

I.

Si corpus moveatur in ellipsi vel in alia qualibet sectione conica, in cuius foco sit centrum virium; ea erit lex vis centripetae, ut sit ubique reciproce proportionalis quadrato distantiae locorum a centro virium. Et vice versa, si vis centripeta sit reciproce proportionalis quadrato distantiae locorum a centro virium, et corpus quodvis secundum directionem quamlibet ad centrum virium non tendentem de loco quovis et quacumque velocitate proiiciatur, movebitur corpus illud in aliqua sectione conica focum habente in centro virium. Quia vero planetarum orbitas in se ipsas redire, astronomicis observationibus compertum est; patet, ellipticas esse orbitas illas; *aliae enim sectiones conicae in se non redeunt, nisi axis sit infinitus.* Neque enim circulares esse possunt, quum coelestia corpora modo in suis motibus accelerari; modo retardari observentur. Porro in orbitis circularibus eadem perpetuo maneret velocitas, ut demonstratum est in physica generali. Verum si ellipticae sint corporum coelestium traiectoriae,

iam velocitates in eadem ellipsi sunt reciproce, ut perpendicula ex centro virium sive ex foco in orbitae tangentes respective demissa (*ex demonstratis in virium centralium doctrina*). Itaque ellipticae planetarum orbitae et diversae illorum velocitati et illorum excentricitati probe satisfaciunt. Verum ut systematis huius veritas confirmetur, in memoriam revocandae sunt celeberrimae duae Kepleri leges, quarum prima haec est: *dum planeta in orbita circa solem tamquam centrum movetur, si fingantur lineae ex centro virium ad planetae loca perpetuo ductae, spatia inter has lineas intercepta erunt semper temporibus, quibus orbitae planetariae portio iisdem rectis comprehensa describitur, proportionalia.* Secunda lex est: *tempora periodica planetarum sunt in ratione sesquiplicata mediocrium distantiarum a sole.* Haec autem secunda lex, quae ex astronomicis observationibus colligitur, fluit quoque ex ipsa gravitatis natura. Si nempe planetae tendant in solem vi centripeta decrescente in ratione distantiarum duplicata; praedicta vis centripetae lex eam omnino postulat temporum periodicorum et distantiarum rationem, quam astronomicae observationes demonstrant. Eadem quoque phaenomena, ac proinde et lex eadem in planetis secundariis observantur. Sed haec omnia conferantur cum iis, quae de gravita-

te universali demonstravimus in physica generali.

II. Ex phaenomenis coelestibus in praecedenti capite descriptis et ex virium centralium doctrina id tandem omnino concludendum est, planetas singulos tendere in solem, eosque circa solem revolvi in vacuo, aut in medio rarissimo, vel etiam in medio quamtumvis denso, nec tamen resistente. Hanc autem ultimam hypothesim admittere non parum repugnabunt philosophi, qui patriis opinionibus non mancipati, veritatem physicam in experimentis et observationibus investigant. Ceterum quamvis planetarii systematis centrum sol statuatur, ex mutua tamen attractione aequali et contraria fieri debet, ut sol ipse tendat in planetas, ac proinde et solem agitari necessum est, sed motu valde exiguo ob ingentem massam solarem si cum aliis planetis conferatur. Itaque si mutuam planetarum et solis actionem consideremus, ellipticarum orbitarum communem focum sol accurate non occupat, sed planetae et sol ipse circa commune gravitatis centrum revolvi debent. Et re quidem ipsa, si areae a planetis descriptae non ad solem, sed ad commune gravitatis centrum referantur, hae temporibus magis accurate proportionales inveniuntur. Haec quidem mutuae attractionis lex ipsam quoque terram in ellipsi circa commune gravitatis centrum revol-

vi, necessario postularet. Verum quum supremus rerum omnium auctor universas naturae leges praescripserit et constituerit, naturae legumque omnium auctori lex nulla praescribi potest: leges omnes pro omnipotentissima voluntate potest suspendere atque immutare. Quare huius systematis partem quae ad telluris motum spectat, tamquam faciliorem motuum coelestium explicationem nobis dumtaxat concedi postulamus.

Neque a communi planetarum lege immunes esse debent cometae, qui planetarii nostri systematis partem constituunt. Re quidem vera cometae in orbitis parabolicis revolvi aliquando finguntur. Atque haec hypothesis cum observationibus probe consentit. Verum hanc hypothesim commoditatis et facilitatis ergo adhibent astronomi. Etenim cometae in ellipsibus valde excentricis suas periodos peragunt, et per exiguum dumtaxat suae revolutionis tempus observari possunt. Quare quum parabola haberi possit tamquam ellipsis, cuius foci duo in infinitum distant; evidens est, tamquam portionem parabolae sine errore sensibili considerari posse visibilem atque exiguum orbitae cometae arcum. Hanc autem hypothesim astronomis facere placuit ad vitandas calculi ambages, quibus necessario implicatur elliptica et valde excentrica cometarum orbita.

III. Quae de elliptica planetarum orbita

in physica generali atque etiam in physica particulari hactenus diximus, observatione magis quam accurata ratiocinatione geometrica demonstrata sunt. Vim centralem in circulo tantum consideravimus, et ellipticam planetarum traiectoriam ad circularem minus accurate revocavimus. Haec autem hypothesis licet ad praesens institutum sufficere videatur, rem tamen utilissimam diligentius considerare convenientissimum est.

Vis acceleratrix quaelibet variabilis tempore infinitesimo tamquam constans haberi potest, ac proinde vi centrali hoc modo consideratae conveniunt theoremata omnia, quae de motu uniformiter accelerato demonstravimus in physica generali. Quare vires centrales sunt, ut spatia descripta directe et temporum quadrata inverse (*artic. III. cap. I. part. I. sect. II. in prob. concl. n. III.*). Iam sint traiectoriae cuiuslibet puncta tria p, Q, P, tempus infinitesimum, quo 55.
planeta orbitae suae arcum describit vi tendente ad S erit, ut area trianguli SPp, vel SPF, coëuntibus punctis p, F. Sunt autem triangulorum illorum areae, ut $SP \times pM$, et $ST \times PF$. Quare quadratum temporis erit, ut $ST^2 \times PF^2 = SP^2 \times pM^2$; ac proinde vis centralis, ut $\frac{pF}{ST^2 \times PF^2}$ vel $\frac{pF}{SP^2 \times pM^2}$.

Producantur PS et FS, donec circuli oscu-

Fig. latoris periphaeriae occurrant ; erit $pF : PF = PF : PB$, ideoque ob chordas PV et pB infinite proximas erit $pF = \frac{PF^2}{PV}$, ac proinde vis centralis, quae erat, ut $\frac{pF}{ST^2 \times PF^2}$, fiet $= \frac{PF^2}{ST^2 \times PF^2 \times PV} = \frac{1}{ST^2 \times PV}$. Tandem in triangulis rectangulis similibus STP, PVN erit $SP : ST = PN : PV$, ideoque $PV = \frac{PN \times ST}{SP}$ et $\frac{1}{PV} = \frac{SP}{ST \times PN}$, et $\frac{1}{PV \times ST^1} = \frac{SP}{ST^3 \times PN}$. Hinc formula praecedens evadit in hanc $\frac{SP}{ST^3 \times PN}$.

Haec formula generalis ad ellipticam planetarum orbitam transferri facile poterit, si radium osculatorem in ellipsi inveniamus, quod
56. facile praestari poterit. Sint MO et DN diametri coniugatae ellipseos, cuius axes Ss et IL, sitque punctum K in circumferentia circuli per tria puncta infinite proxima M, m, n transeuntis, erit $nH \times Hm = MH \times HK$, vel $nH^2 = MH \times HK$. Sed $nH^2 : MH \times HO$

$= CD^2 : CM^2$ (*ex appendice ad geomet.*): Fig. ergo $MH \times HK : MH \times HO = CD^2 : CM^2$, vel $HK ; HO = CD^2 : CM^2$; atque tandem ob evanescentem MH respectu HK, erit $MK : MO\ (2CM) = CD^2 : CM^2$. Quare $MK = \frac{2CD^2}{CM}$. Iam sit MA diameter circuli osculatoris, ducta chorda AK, triangulum AKM est rectangulum in K, et simile triangulo MCR rectangulo in R ob MA perpendicularem arcui mn vel tangenti MX, ac proinde et diametro coniugatae ND. Igitur $MR : MC = MK \left(\frac{2CD^2}{CM}\right) : MA = \frac{2CD2}{MR}$ ac proinde $\frac{1}{2}\ MA = \frac{CD^2}{MR}$.

Superest, ut vim centralem in ellipsi consideremus. Si $APHL$ ellipsis a planeta P 57. descripta vi centripeta tendente ad focum sive solem S. Ducatur recta TV orbitam tangens in P, et ex focis S, Q agantur perpendiculares ST, QV, itemque ex C demittatur perpendicularis Ck. Iam ob triangula SPT, QPV similia (*ex natura ellipseos*) erit $SP : ST = PQ$, QV. Quare $SP + PQ : SP = ST + QV : ST$, seu $SP + PQ : ST + QV = SP : ST$. Sed $SP + PQ = 2CA$, et $ST + QV = 2Ck$. Sunt enim

distantiae CS et CQ aequales, ac proinde perpendicularis Ck est media arithmetice proportionalis inter perpendiculares ST et QV: ergo $2CA : 2Ck = SP : ST = CA : Ck$ vel PD. Praeterea $CA : PD = CN : CB$ (*ex proprietate ellipseos*) : ergo $PS : ST = CN : CB$, ideoque $ST = \frac{CB \times SP}{CN}$. Tandem sit PG radius osculi in puncto P, erit $PG = \frac{2CN^2}{PD}$ (*ex demonst.*). Sed (*ex appendice ad geom.*) $PC = \frac{CA \times CB}{CN}$; ergo $PG = \frac{2CN^3}{CA \times CB}$. In formula generali vis centralis substituantur valores rectarum ST, PG, formula abit in hanc $\frac{SP \times CN^3 \times CA \times CB}{SP^3 \times CB^3 \times CN^3}$ * $= \frac{CA}{SP^2 \times CB^2 \times 2} = \frac{1}{PS^2}$ ob constantes CA, CB.

* *Radius osculi, qui in hac formula est* PG, *substitui debet in formula generali pro* PN, *qui eundem in ea exprimit.*

Hinc patet, planetam revolventem in ellipsi vi centripeta tendente ad focum, servare praedictam legem, qua nempe decrescat in ratione duplicata distantiarum a foco. Haec eadem lex obtinet quoque in aliis sectionibus conicis, sed ellipseos casum, qui solus ad astronomiam pertinet, demonstrasse satis sit.

IV. Si parameter axis principalis dicatur π, erit $\pi = \frac{2CB^2}{CA}$ (*ex appendice ad geom.*). Quare vis centralis, quae est, ut $\frac{CA}{SP^2 \times 2CB^2}$, erit, ut $\frac{1}{SP^2 \times \pi}$. Sed vis centralis est ut $\frac{pF}{SP^2 \times pM^2}$ (*ex dem.* §. *III.*); ergo $\frac{1}{SP^2 \times \pi} = \frac{pF}{SP^2\, pM^2}$; sed pF, quae exprimit vim centralem, est ut $\frac{1}{SP^2}$; ergo $\frac{pF}{\pi} = \frac{pF}{SP^2 \times pM^2}$, ac proinde $\pi = PS^2 \times pM^2$ et $\sqrt{\pi} = SP \times pM$, sed $SP \times pM$ est ut area sectoris PSp. Quare si corpora plura in ellipsibus revolvantur vi centripeta

tendente ad focum communem, erunt sectores eodem tempore descripti in ratione subduplicata parametri axium principalium in qualibet ellipsi.

Praeterea velocitas tempore infinitesimo est, ut arcus descriptus Pp, et ob triangula rectangula SPT, pMP similia erit ST: $SP = pM : pP = \frac{SP \times pM}{ST}$. Sed $\sqrt{\pi} =$

$SP \times pM$: ergo $pP = \frac{\sqrt{\pi}}{ST}$, nempe velocitas est in ratione subduplicata parametri directe et perpendicularis ex foco ad tangentem demissae inverse.

Tandem quo maior est ellipseos descriptae area, et quo minor areae pars dato tempore percûrsa, eo maius est tempus periodicum. Quare tempus periodicum est, ut area tota ellipseos directe et sector dato tempore descriptus inverse; sed sector est in ratione subduplicata parametri; ergo tempus periodicum est, ut area tota directe et parametri radix quadrata inverse. Iam maior axis ellipseos dicatur d, cuius parameter π, axis minor b, erit $\pi d = bb$ (*ex append. geom.*) ac proinde $\pi d^3 = bbdd$; sed area ellipseos est, ut rectangulum ex axibus; ac proinde ut $bd = t\sqrt{\pi}$, ubi t exprimit tempus periodicum; ergo $bbdd = \pi t^2$ et $\pi d^3 = \pi t^2$,

nempe $d^3 = t^2$, seu temporum periodicorum quadrata sunt in ratione triplicata axium principalium in ellipsi. Hinc datis planetarum temporibus periodicis, innotescit maiorum axium ratio in orbita qualibet elliptica. Vt autem in praecedenti demonstratione, quae magni sane momenti est, nihil praetermittatur; ellipsium areas esse, ut axium rectangula, demonstravimus. Quae quidem proprietas ex appendice facile colligitur. Etenim intelligatur semicirculus super axem principalem ellipseos tamquam diametrum descriptus. Ex ellipseos peripheria ad axem ducantur semiordinatae infinite proximae, quae circulo et ellipsi erunt communes; rectangula duabus illis semiordinatis comprehensa in ellipsi et circulo erunt, ut altitudines, hoc est, ut semiordinatae; sed semiordinatae illae sunt in constanti ratione semidiametri circuli ad semiaxim minorem ellipsis (*ex proprietate ellipsis et circuli*); ergo rectangulorum omnium summa, hoc est, area circuli est ad aream ellipsis in ratione semidiametri circuli ad semiaxem ellipsis. Hinc comparatis duobus circulis duabusque ellipsibus, facile colligitur, areas ellipsium esse inter se, ut axium rectangula, quum areae circulorum sint, ut radiorum quadrata.

ARTICVLVS II.

De planetarum densitate et figura, praesertim de figura telluris.

I.

Ex articulo praecedenti innotescit distantia planetarum a sole, sive potius distantiarum ratio. Quare si observetur planetarum diameter in data aliqua distantia, dabitur ratio superficierum et magnitudinum. Etenim evidens est, eo maiorem esse veram planetae diametrum, quo maiorem arcum coelestem subtendit, et quo maior est planetae distantia. Quare planetarum diametri verae sunt ut arcus, quos subtendunt, et distantia planetae coniunctim. Quia vero sphaerarum superficies sunt ut quadrata diametrorum, soliditates autem ut diametrorum cubi (*ex elem. geom.*); erunt planetarum superficies, ut arcus subtensi quadratum et distantiae quadratum simul; magnitudines autem ut arcus subtensi cubus et cubus distantiae simul. His principiis innituntur planetarum diametri, superficies et magnitudines, quae in tabulis astronomicis legi solent. Verum quod spectat ad planetarum densitatem, qua ratione investigari possit, iam explicavimus in physica generali, ubi virium centralium doctrinam tradidimus. At dolendum est, metho-

dos hactenus cognitas in iis tantum valere planetis, qui habent satellites. Eo autem tempore, quo haec scribo, non sine magna animi voluptate mihi nuntiatum est, a claris. Viro D. Montaigne astronomo lemovicensi detectum fuisse veneris satellitem, cuius distantia a planeta primario est semidiametrorum veneris 50, tempus autem periodicum est dierum 12 (*illusionem opticam telescopii fuisse sicut alium martis satellitem, putarunt ceteri astronomi*). Praecedentis doctrinae usum in hoc satellite ostendere non abs re erit. In memoriam revocandum est ex physica generali, massas planetarum, qui satellites habent, esse in ratione triplicata directa distantiarum satellitis a planeta primario, et duplicata inversa temporum periodicorum *. Itaque multiplicetur fractio $\frac{1075}{1558}$, quae rationem diametrorum veneris et telluris exprimit, per $\frac{50}{60}$, quae est ratio distantiarum satellitis a venere et lunae a terra. Producti sumatur cubus, qui dividatur per quadratum fractionis $\frac{120}{273}$, quae fractio ex-

* *Hanc tamen propositionem, etsi veram, nullibi demonstravit Auctor.*

primit rationem temporum periodicorum satellitis et lunae; hisque peractis operationibus invenitur o, 98, qui numerus unitati proxime aequalis est. Quare massa veneris massae telluris fere aequalis invenitur. Data autem quantitate materiae in duobus planetis illorumque magnitudine, innotescit illorum densitas, quae est in ratione reciproca voluminis, seu in ratione reciproca triplicata diametri; factaque operatione arithmetica, invenitur densitas veneris fere triplo maior densitate telluris. Simili instituto calculo in aliis planetis invenitur, densiores esse planetas soli proximiores, in qua quidem dispositione admiranda est infinita Dei providentia. Si enim tellus nostra in orbe mercurii aut veneris collocata fuisset, nobis mortalibus minime foret idonea: nimio calore ebullirent, aquae occeani, et in vapores dissiparentur. Contraria ratione si ad orbem saturni removeretur tellus, in tanta a sole distantia nimio frigore rigescerent aquae: cito interirent animalia et plantae. ¿Ecquis ergo sancte non adorabit sapientissimas leges, quibus reguntur atque gubernantur corpora coelestia ita, ut mutato illorum situ atque ordine perniciosissimos effectus inde nasci, totumque mundi systema perturbari oporteat?

II. Corpora coelestia hactenus consideravimus tamquam sphaerica. At certissimum est, planetas non esse globos accurate ro-

tundos, sed paullulum compressos ita, ut axis rotationis sit paullo minor diametro aequatoris. Hanc figuram in iove et tellure tantum observare licuit. Ceteri enim planetae sub angulis minoribus videntur, neque conspicua esse potest diametrorum inaequalitas. Verum si planetarum superficies vel totas vel ex parte immersas ponamus fluido homogeneo, qualia sunt telluris nostrae maria, rotationis motus planetis concedi non potest, nisi eos sub polis compressos, sub aequatore autem oblongatos esse concedatur. Et quidem in hac hypothesi talis esse debet figura planetae, ut tota fluidi massa, cuius partes singulae ad planetae centrum tendunt, maneat in aequilibrio. Etenim quum particulae illae (*ex natura fluidorum*) vi cuicumque illatae cedant, et cedendo facile moveantur inter se; ita disponi debent, ut vi aequali tendant ad punctum fixum, versus quod graves sunt, ac proinde et circa punctum illud consistant in aequilibrio. At si planeta sit globus accurate rotundus, iam aequilibrium cum motu rotationis conciliari nequaquam potest. Etenim superficiei planetariae puncta singula circa axem describerent circulos eo maiores, et eo maiori velocitate, quo a polis remotiores sunt circuli illi et aequatori propiores. Hinc puncta illa versus aequatorem adquirent vim maiorem centrifugam. Haec autem vis centrifuga, utpote contraria vi cen-

tripetae, imminueret gravitatem, et quidem eo magis, quo minor foret distantia ab aequatore. Igitur particulae fluidae versus aequatorem minus resisterent vi, qua particulae polis proximae tenderent ad centrum, quae proinde particulae refluerent ad aequatorem, ibique particulas fluidas sursum cogerent adscendere; ideoque in eodem loco accumulate superficiem planetae attollerent, vel quod perinde est, particulae fluidae in partibus aequatoris exundantes figuram planetae mutarent. Itaque ad cavendam exundationem hanc oporteret, planetam intumescere versus aequatorem; hoc enim materiae excessu compensaretur decrementum gravitatis ex rotationis motu oriundum, atque omnia manerent in aequilibrio.

III. Ex demonstratis evidens est, pro maiori rotationis velocitate maiorem etiam esse planetae compressionem. Hac de causa, facile conspicua est compressa iovis figura; quum planeta ille, licet terra longe maior, breviori quam decem horarum spatio suam rotationem absolvat. Ex praecedentibus etiam patet, inter circulos omnes, quos in planetae superficiei fingunt astronomi, aequatorem dumtaxat circulosque aequatori parallelos vere circulos esse; alii autem circuli, quales sunt meridianus, verticalis, horizon cet. ad figuram ellipticam accedunt. Meridiani sunt ellipses, quarum axis minor transit per polos, axis

autem maior aequalis est diametro aequatoris, et in ipso aequatoris plano exsistit. Hinc colligitur, aequales meridiani coelestis 360° accurate non respondere aequalibus meridiani planetarii partibus 360. Ita in tellure arcus meridiani terrestris, qui coelestis meridiani partibus aequalibus respondent, aequales non sunt, sed minores in iis locis, in quibus magis convexa est telluris superficies, maiores autem, ubi superficies est magis compressa. Verum gravissimam de figura telluris quaestionem in sequenti conclusione explicabimus.

CONCLVSIO.

QVAMVIS CERTO COGNITA NON SIT ACCVRATA TELLVRIS FIGVRA; EAM TAMEN VERSVS POLOS COMPRESSAM ESSE, DEMONSTRANT OBSERVATIONES ATQVE EXPERIMENTA.

Prob. 1. Definiendae telluris figurae prima methodus ad duas operationes reducitur, nempe ad mensuram arcus coelestis inter duo terrae loca sub eodem meridiano et in diversis latitudinibus constituta, atque praeterea ad mensuram distantiae terrestris locorum illorum. Totam huius methodi rationem exponemus. Arcus coelestis amplitudo investigatur observando in duobus propositis locis eiusdem stellae altitudinem meridianam. Dif-

Fig. ferentia altitudinum praebet ipsam arcus amplitudinem, hoc est, numerum graduum in arcu coelesti, qui terrestri locorum distantiae respondet. Res perinde se habet, si observetur stellae alicuius distantia a zenith, deinde iter fiat ad austrum vel boream, donec altitudinis differentia sit unius gradus. Tandem locorum distantia terrestris geometricis operationibus capiatur, ut fieri solet: coelestis gradus mensura habebitur. Et re quidem ipsa duos fingamus observatores in eodem meridiano ita, ut eiusdem stellae altitudo respectu utriusque zenith uno gradu differat. Ex duobus illis locis ductae intelligantur in meri-
58. diano terrestri tangentes duae *AB*, *OD*, quae respectivos horizontes determinabunt, atque ad tangentes illas agantur perpendiculares *HE*, *KF* seu *he*, *kf*, quae lineas verticales, seu lineas ipsorum zenith respective exhibebunt. Iam vero quia stella immenso fere intervallo distat, radii *visuales* utriusque spectatoris ad stellam erunt paralleli, ac proinde altitudinum differentia ex diversa tantum utriusque horizontis inclinatione *OeA* oriri potest. Quare angulus utriusque horizontis vel utriusque tangentis inclinatione comprehensus erit unius gradus, ideoque etiam angulus utriusque perpendicularis *. Si terra sit sphaerica, duae

* *Nam angulus* heO + OeA = 90° *et*

perpendiculares in centro *C* concurrent, atque locorum distantia erit unius gradus, sive pars 360ma meridiani. Porro evidens est, ad accuratam graduum aestimationem a refractionum erroribus liberandas esse stellarum altitudines, atque ut error minuatur, adhiberi debet stella ipsi zenith proxima; quum in zenith refractio sit nulla, et in distantia quattuor vel quinque graduum pro nulla fere haberi possit. Deinde eiusdem stellae observationes, quantum fieri potest, eodem tempore in duobus locis haberi, desiderandum est. Hac enim adhibita diligentia tolluntur reductiones et correctiones ob apparentes stellarum motus omnino necessariae, si observationes eodem tempore fieri non possint. Tandem si loca non sint sub eodem meridiano accurate posita, arcus amplitudo praedictis cautionibus adhibitis observata praebet arcus coelestis amplitudinem inter duos utriusque loci circulos parallelos. Sed his praemissis iam accuratissimas observationes adferamus, iisque ad definiendam telluris figuram utamur.

Si terra ponatur sphaerica, gradus omnes aequales esse, iam demonstravimus, nempe idem omnino iter faciendum esset in meridiano, ut eiusdem stellae altitudo gradus

angulus keh + heO = 90°. *Si igitur ab utraque summa subtrahatur idem angulus* heO, *erit angulus* OeA = keh.

unius angulo cresceret vel decresceret. At si tellus non sit sphaerica, gradus inaequales esse, brevi ratiocinatione facile intelligitur. Ponamus primum, terram sphaericam et ex molli materia compactam, eamque duabus viribus in utraque axis extremitate comprimi ſingamus secundum axis directionem ita, ut axis ille contrahatur, aequator autem dilatetur. Iam tellus in utriusque axis extremitate magis erit complanata, ideoque minor telluris curvatura in axe, maior autem in aequatore. At quo maior est telluris curvatura secundum directionem meridiani, eo brevius iter fieri necessum est secundum eamdem directionem, ut observata stellae altitudo gradus unius angulo augeatur vel minuatur. Itaque si terra sit compressa versus polos, brevius iter faciendum est in meridiano prope aequatorem, quam versus polos, ut gradum unum latitudinis adquiramus vel amittamus. Igitur si terra sit compressa versus polos, gradus crescere debent ab aequatore ad polos, et contra. Idem magis geometrice demonstrari potest ex *radiorum osculatorum* natura. Etenim si curvatura sit maior, minor est radius osculator, ac proinde et minor circuli osculantis peripheria, ideoque minor etiam circuli gradus. Longius esset exhibere diversas graduum mensuras, quae in egregiis operibus de figura telluris nuperrime editis fuse describuntur. Satis sit ob-

servare, accuratissimas graduum dimensiones in id omnes conspirare, ut exhibeant figuram telluris compressam ad polos, versus aequatorem oblongatam.

Prob. 2. Si tellus compressa sit versus polos, generatim certissimum est, gravitatem minorem esse sub aequatore, et maiorem sub polis, ac proinde, eadem manente longitudine, retardatur pendulorum motus pergendo a polis ad aequatorem, et vice versa. At gravitatis inaequalitas conciliari non potest cum sphaerica telluris figura, et maiore exsistente vi gravitatis sub polis, tellurem versus aequatorem elatam esse demonstravimus [*num. praeced.*]. Hinc concludere licet: telluri tribuenda est figura illa, quam observationes et experimenta omnino postulant, atqui observationes et experimenta postulant telluris figuram elevatam versus aequatorem et depressam versus polos; ergo talis re vera est telluris figura.

Porro quamvis tellurem versus polos compressam esse, et versus aequatorem oblongatam, compertum omnino sit, non tamen aeque certum est, ellipticam esse telluris figuram, neque certo cognita est axium ratio. Et quidem ex observationibus astronomicis res non satis accurate confici videtur. In his observationibus fingitur, lineam verticalem per axem telluris transire, eamque perpendicularem esse ad horizontem. Ponitur etiam meridianum

sive planum, in quo sol meridiei tempore versatur, et quod transit per lineam verticalem, per axem telluris quoque transire. Verum haec tria non ea subtilitate, quae necessaria omnino est, determinata videntur. Pendent enim ex partium telluris homogeneitate, aliisque hypothesibus omnino incertis. At si ponamus, diversam omnino esse et sine certa lege partium telluris densitatem; iam quia gravitas corporis ex singulis partium terrae attractionibus componitur, maior vel minor partium densitas gravitatis legem omnino immutabit. Atque hinc diversa axium terrae propositio pro diversa internarum partium dispositione variaque densitate. Verum quamvis certo cognita non sit telluris figura, vix tamen in dubium vocari potest, figuram telluris esse quam proxime regularem, et similes esse terrestres meridianos. Etenim in sequenti articulo demonstrabimus, *praecessionem aequinoctiorum* ellipticae telluris figurae tribuendam esse. Atque haec hypothesis cum observationibus astronomicis probe consentit. Porro si exteriores globi nostri partes sine ordine forent dispositae, haec irregularitas phaenomena et leges praecessionis maxime turbaret.

Tandem ellipticam telluris figuram saltem quamproxime ostendere videntur accuratissima pendulorum experimenta. Ita se habent experimenta illa, ut gravitatis incrementa,

quae auctis penduli longitudinibus sunt proportionalia, satis accurate inveniantur, ut quadrata sinuum latitudinis. Quae quidem observationes non solum regularem, sed ellipticam quoque telluris figuram confirmant. Verum quia subtilissimae sunt observationes illae, et in iis peccari facile potest errore quidem licet levi, in re tamen periculosa maxime gravi; ideo satis nobis erit adfirmare, terram versus polos compressam esse. Haec autem conclusio comparari debet cum iis, quae in physica generali de gravitatis variatione demonstrata sunt. Porro axis terrestris diametro aequatoris brevior statuitur differentia $\frac{1}{175}$ secundum accuratissimas observationes, quas academici parisienses et hispani immortali labore versus polum et aequatorem habuere.

SOLVVNTVR OBIECTIONES.

Obiect. Figura telluris est admodum scabra et montibus aspera. Nullis experimentis, nullis observationibus definiri potest irregularis terrae curvatura, quae per tot amfractus et valles, per tot colles altioresque montes sese perpetuo sinuat, et nulla certa lege variat; ergo de figura telluris nihil certo definiri potest. Resp. N. cons. Quaestionis pro-

positae statum minus adsequuntur, qui hanc telluris irregularitatem obiiciunt. Inaequalis admodum est externa telluris figura; in amplissima camporum planitie nulla saepe curvatura apparet: valles autem curvaturam habent extrorsum, montes introrsum obversam: hanc irregularitatem nemo non videt. Figura haec etiam perpetuo mutatur montium et rupium lapsu; immo in mari, mutato undarum tumore, succedentibus sibi fluctibus, telluris superficies perpetuo mutatur. Itaque dum figuram telluris investigamus, nulla montium et vallium irregularitas consideratur. Tota quaestio in eo posita est: adsumto nempe puncto quolibet in superficie terrestri, quaeritur superficies continua ab eo puncto circumquaque ducta tali lege, ut ad superficiem illam ubique perpendicularis sit directio gravitatis vi centrifuga adfectae. Igitur figura telluris pendet omnino ex lege gravitatis, ut saepe saepius observavimus, nec satis accurate et ad amussim definiri potest. Attamen tellurem compressam esse ad polos, non solum ostendunt observati meridianorum gradus, et instituta pendulorum experimenta, sed etiam confirmat lex analogiae. Nam accuratissimis observationibus compertum est, satis notabiliter oblongatum esse iovis aequatorem, quae quidem iovis figura ex rapidissima planetae huius rotatione repetenda est.

Obiect. 2. Figurae terrestris irregularita-

tem nullis umquam experimentis aut observationibus definiendam demonstrant observationes astronomicae. Terram non esse solidum ex rotatione curvae alicuius circa axem genitum, ostendunt graduum mensurae in Gallia atque in Italia a doctissimis viris habitae. Et quidem in Italia, eadem manente latitudine, sed mutato meridiano, gradus minor quam in Gallia observatus est. At si telluris figura regularis foret, aequales essent gradus aequaliter distantes ab aequatore, seu meridiani omnes essent similes; quod quum non observetur, hinc argumentari licet: de figura telluris nihil adfirmari potest, si irregulares observentur meridiani terrestres, illorumque irregularitas non nisi per observationes ubique locorum instituendas definiri possit; atqui res ita se habet, neque irregularitas omnium meridianorum potest explorari; ergo nihil circa telluris figuram determinari potest. Resp. dist. mai. et inde colligitur fieri posse, ut meridiani terrestres neque similes sint neque elliptici, C. mai. ex observationibus colligitur, terram non esse versus polos compressam, N. mai. et cons. In praesenti quaestione hoc unum ostendere volumus, telluris figuram ad aequatorem esse oblongatam. Quod quidem variis argumentis probavimus, quidquid sit de figurae terrestris irregularitate. Neque necesse est singulos dimetiri longitudinis et latitudinis gradus ad determinandam hanc,

Fig. quam diximus, telluris figuram. Satis enim est varios gradus in locis valde dissitis summa diligentia metiri, factasque observationes ad alia terrae loca transferre licebit, praesertim quum id fieri, generatim saltem, postulet gravitatis et vis centrifugae doctrina. Tandem quod spectat ad graduum differentiam in Gallia et Italia, haec differentia inter utrumque gradum est hexapedarum 70 dumtaxat, quarum pars dimidia 35 unicuique gradui potest tribui. Porro si duorum minutorum secundorum error dumtaxat in arcus coelestis mensura committatur, hexapedarum 32 errore in gradus mensura peccabitur. Quamvis autem minime suspecta sit clarissimorum virorum diligentia; nobis tamen facile persuademus, rem tam periculosam aliis mensuris et in locis remotioribus confirmandam esse ita, ut tanta sit differentia, quae fidem omnino indubitatam faciat, et in ipsam observationem refundi nequaquam possit.

Obiect. 3. Tellurem versus polos compressam esse, concluditur ex incremento graduum pergendo ab aequatore ad polum; at conclusionem omnino contrariam ex iisdem observationibus derivarunt doctissimi etiam in
59. Gallia viri Picardus et alii. Et quidem sit *C* centrum telluris, *P* polus, *EHP* meridianus. Ex centro *C* ducatur recta *CH* comprehendens cum *CE* angulum unius gradus. Fin-

gatur *EC* maior quam *CP* ; arcus terrestris duabus rectis *CH* , *CE* comprehensus maior erit , quam versus *P* , quod evidens est. Ac proinde gradus maior foret versus aequatorem quam versus polos ; ergo tantum abest, ut ex graduum mensura colligatur , terram esse oblongatam versus aequatorem , quin contra versus polos oblongata esse debeat. Resp. N. cons. Adlato aut fortasse alio simili parallogismo in errorem inducti fuerunt clarissimi etiam viri [*Cassinus iunior et de la Hire , qui tamen captis mensuris decepti sunt , etsi non tali parallogismo*] , qui ex suis observationibus terram versus polos oblongatam esse concludebant , contra quam facere debuerunt. Totus parallogismus in eo latet , quod nempe gradus terrestris non eo determinetur angulo , qui duobus lineis e centro ad circumferentiam ductis continetur , sed gradus definitur duabus perpendicularibus, quae ad telluris superficiem ductae angulum unius gradus efficiunt. Distantia stellarum a zenith , ac proinde et illarum altitudo harum perpendicularium respectu aestimatur. Porro perpendiculares illae per centrum telluris non transeunt , nisi tellus sit sphaerica , ut antea explicavimus. Atque hic est fons parallogismi Pendulorum observationes plurimis obiectionibus impugnari solent , sed his abunde satisfactum est in physica generali.

ARTICVLVS III.

De phaenomenis pendentibus ex mutua planetarum actione, praesertim de aestu maris.

I.

In praecedentibus articulis planetarum orbitas velut ellipticas consideravimus, quales omnino esse debent, si nulla alia vis agat praeter attractionem in solem, quae decrescat in ratione distantiarum duplicata. At mutua est, atque eadem lege operatur planetarum actio in se invicem. Ita saturni et iovis actio mutua utriusque planetae motus perturbat pro diversa iovis, saturni et solis positione. Verum errores ex mutua attractione oriundi in motibus lunaribus maxime fiunt conspicui. Massa solis est circiter centies septuagesies millies maior massa telluris, et septem mille millies maior massa lunae. Quum autem tanta sit solaris massa, si cum tellure et luna conferatur, ex theoria newtoniana intelligitur, potentissimam esse in utrumque corpus solis actionem, qua fieri debet, ut minoris corporis motus et orbita circa corpus maius non parum turbetur. Facile etiam patet, errores illos variis de causis implicari. Orbis annuus telluris est soli excentricus, et praeterea orbita lunae non est in plano or-

bitae telluris, sed eam in duobus punctis seu *nodis* intersecat, atque deinde hinc et inde deflectit spatio circiter graduum quinque. Evidens autem est pro diversa virium directione diversaque velocitate multas oriri errorum ambages explicatu difficiles. Huc tota res reducitur: *datis scilicet tribus corporibus, eorum mutua positione, massa et velocitate, invenire curvas describendas, posita attractione in ratione directa massarum et duplicata inversa distantiarum.* Difficillimum problema illud primus omnium adgressus est, et sagacitate mirabili solvit celeberrimus vir D. Clairaut. Tantam calculorum difficultatem heic persequi non licet; sed satis sit monere, huius problematis ope comparatas fuisse lunares tabulas coelo apprime consentaneas. Hinc de laudato viro dicere licet, quod de Newtono cecinit Halleyus:

Discimus hinc tandem, qua causa argentea plebe
Passibus haud aequis eat, et cur subdita nulli
Hactenus astronomo numerorum frena recuset *.

* *Clairautii fidissimum amicum sese demonstrat Iacquierius, illum a gravissima iniuria vindicans, qua academia regia londinensis eum adfecit, parvi pendens tabulas accuratissimas inaequalitatum motus luna-*

Ex mutua planetarum actione generatim intelligitur *absidum* motus. *Apsides* appellant astronomi duo illa orbitae puncta, in quibus planeta maximam vel minimam a sole aut terra distantiam obtinet. Punctum maximae distantiae *summa apsis* dicitur, minimae autem distantiae punctum *apsis ima* vocatur. Tandem linea per centrum orbitae transiens et duo illa puncta coniungens *linea apsidum* nominatur. Iam vero si planeta nulla alia vi urgeatur praeter attractionem in ratione distantiarum duplicata decrescentem, evidens est ex demonstratis, lineam apsidum esse ipsum orbitae ellipticae axem maiorem. At ponamus, accedere vim aliam, quae tendat quidem ad ellipseos focum, sed vis tota minor sit quam in ratione duplicata inversa distantiarum; evidens est, planetam in priori orbita manere non posse, sed extra ipsam debet excurrere, quum minori vi ad focum urgeatur. Quare vel planeta aliam curvam describet, ipsamque ellipseos circumferen-

ris a Clairautio Londinum missas, ut problema resolveret de determinandis gradibus longitudinis. Newtonum saepe impugnaverat Vir ingenuus fucique nescius. Id ipsi inscio magnum apud anglos odium conflaverat, atque data occasione aerumnam peperit, quae et valetudinem eius et tandem vitam consumsit.

tiam deseret, vel ipsam ellipsim circa focum Fig. revolvi necesse est ea lege, ut planeta maneat in pristinae orbitae circumferentia. In hoc casu, si planeta versus apsidem superiorem sit positus, et ad inferiorem promoveatur; manifestum est, superiorem ellipseos apsidem *AB* versus planetam promovendam 60. esse ita, ut fiat *ab*, quum ellipseos puncta *A*, *B* versus apsidem hanc sint magis remota a foco, qui est centrum virium. Igitur axis maior *AB* secundum planetae directionem progredi debet, atque eo maiori velocitate, quo magis decrescit vis centripeta. At contra si crescat vis centripeta, planeta vi maiori ad focum tendit; ac proinde intra ipsam ellipsim curvam aliam describeret, nisi ellipsis circa focum ita revolvi intelligatur, ut planeta in iis maneat orbitae ellipticae punctis, quae auctae vi centrali conveniunt. Quare apsidem superiorem *AB*, quae longius distat a foco, ab ipso planeta recedere oportet ita, ut vergat in *cd*. Ac proinde in hoc casu apsidem progredi necessum est secundum directionem directioni planetae contrariam, atque eo maiori velocitate, quo magis crescit vis centripeta. Itaque apsidum motus per ellipsim mobilem ingeniosissime repraesentant astronomi. Errores ex mutua attractione in motibus lunaribus oriundos generatim tantum explicabimus. Nihil enim in universa astronomia difficilius.

Apsidum *A* et *B* motus in planetis fere nullus est, sed in luna maximus observatur. Tantus nempe est, ut linea apsidum lunae *AB* eidem coeli puncto non nisi post novem annos respondere videatur. Hoc scilicet temporis intervallo apogaeum lunae progreditur ab occidente in orientem seu secundum ordinem signorum, suamque revolutionem absolvit. Singulas huius motus circumstantias persequi res est difficillima, neque ad physices elementa pertinet, sed ex praecedentibus generatim intelligitur. Ex iisdem etiam principiis patet ratio generalis, cur moveantur orbitae lunaris *nodi*. Etenim vires perturbantes suam quoque exercent actionem in orbitae lunaris planum, quod ad planum eclipticae sub angulo circiter novem graduum inclinatum est. Igitur vires illae diversa illarum directione plani lunaris positionem situmque nodorum mutant. Porro quamvis pro diversa telluris, lunae et solis positione in diversas partes agant vires perturbantes, ac proinde motus directos ac retrogrados per vices efficere possint; si tamen post plures revolutiones motuum directorum summa excedat motus retrogrados, iam motus fit in consequentia seu secundum signorum ordinem. Sic apogaeum lunae novem annorum spatio revolvitur in consequentia, sed nodi regrediuntur, seu feruntur in antecedentia. Porro evidens etiam est, easdem vires perturban-

tes in periodicis lunae temporibus inaequalitates aliquas efficere, atque etiam orbitae lunaris excentricitatem mutare. Hae sunt praecipuae motuum lunarium inaequalitates ex mutua attractione proculdubio derivandae, sed virium perturbantium quantitatem explicare longius et difficilius foret.

II. Breviter iam consideratis lunarium motuum inaequalitatibus, eadem brevitate inaequalitates alias attingemus in telluris motibus ex lunae gravitate oriundas. Si tellus nullum haberet satellitem, sola vi centripeta in solem urgeretur. At quia luna in terram gravis est, evidens fit, inde turbandum esse motum telluris circa solem. Illae tamen inaequalitates in motu annuo sunt valde exiguae; alioquin in motu apparenti solis observaretur. Et quidem recensitae iam inaequalitates lunares, actionibus solis, lunae et telluris productae sunt valde magnae ob lunae tellurisque proximitatem. Verum inaequalitates illae e sole visae apparere debent omnino minimae, ac proinde motus apparens solis parum turbatur. Praeterea quum lunae massa sit longe minor quam massa telluris; manifestum est, inaequalitates ex actione lunae in terram oriundas, longe minores esse erroribus actione lunae in terram productis. Hinc ergo intelligitur, actione mutua lunae et terrae motus solis apparentes leviter tantum mutari, seu quod idem est, motus ve-

ri telluris eodem fere modo se habent, ac si tellus nullum haberet satellitem. Attamen in solis theoria *aequationem* adhibere solent astronomi his erroribus convenientem, si magna calculorum subtilitate opus sit.

At gravitas lunae in terram effectum alium satis sensibilem producit. Tanta est nempe actio lunae in terram, ut in mutua attractione plani aequatoris et eclipticae variationem inducat. Quod ut intelligatur, aliqua in memoriam revocari debent. Poni solet in astronomia, tellure circa solem revolvente, ipsum telluris axem sibi semper manere parallelum ita, ut cum ecliptica angulum efficiat 66° $\frac{1}{2}$. Vnde colligitur, planum aequatoris esse inclinatum ad planum eclipticae sub angulo 23° $\frac{1}{2}$, et planum istud productum planum aequatoris secare iuxta unicam lineam, quae per centrum solis pertranseat. Atque illa duo coeli puncta, quibus in his duobus casibus respondere videtur praedicta linea, dicuntur *puncta aequinoctialia*. In alio quolibet casu sol ad alterutram aequatoris partem iacet, nempe ad partem borealem tempore aestivo, et ad partem australem tempore hyberno. Puncta haec aequinoctialia fixa non manent, sed lentissime inter stellas moveri videntur ab oriente in occidentem. Atque hoc est phaenomenon, quod *aequinoctiorum praecessionem* iam appellavimus. Illud vero phaenomenon ex motu retrogra-

do nodorum aequatoris et eclipticae intelligitur. Etenim quemadmodum actio solis efficit, ut lunares nodi regrediantur, ita etiam si planeta aliquis circa terram prope illius superficiem revolveretur in plano aequatoris, nodi regrederentur quoque. Iam ponamus, augeri planetarum numerum, donec se invicem tangant, et annulum in aequatore componant; nodi huius annuli regrediuntur etiam, non secus ac singulorum planetarum nodi. Fingamus tandem, hunc annulum telluri adhaerescere, illius nodi deberent regredi, sed lentiori motu, quam annulus tellurem totam, cui adhaerescit, movere deberet. Iam vero quia tellus est oblongata versus aequatorem, excessus materiae in hoc loco gerit vices annuli, sed tardior est motus nodorum aequatoris, quum partes telluris accumulatae, quibus fit, ut tellus non sit sphaerica, per illius superficiem sint dispersae. Ac proinde minorem producunt effectum, qui maior omnino foret, si addita materia in plano aequatoris sub annuli forma foret disposita. Luna in hunc annulum vim maiorem exercet, quam sol, ob minorem illius distantiam. Et utriusque actio simul in punctis aequinoctialibus regressum inducit ita, ut temporis intervallum inter duo proxima aequinoctia, quod *annum tropicum* vocant astronomi, minus sit anno periodico, quo scilicet tellus ab uno orbitae suae puncto ad

idem punctum regrediatur. Itaque generalem explicavimus praecessionis aequinoctiorum causam. Si autem ponamus, tellurem proxime sphaericam et versus aequatorem oblongatam, quantitas motus viribus solis et lunae in hunc annulum producta, et accuratiori calculo computata cum observationibus astronomicis praeclare consentit. Quare heic rursus confirmantur, quae de figura telluris iam antea ostendimus. Haec dicta sint de lunae et solis actione in motum telluris, praetermissis aliorum planetarum actionibus. Singuli enim planetae in attractionis generalis systemate telluris motum turbare debent, sed errores inde oriundi ob maximam planetarum distantiam vel minorem illorum massam ab astronomis negligi solent. Verum actionem veneris in terram post detectum eius satellitem maiori diligentia nunc aestimare licebit. De his omnibus mutuae gravitatis effectibus praeclarissima opuscula tradiderunt magni quidam viri. Sed subliminorem explicarunt doctrinam, quam quae heic locum habere possit.

III. Non solum in corporum coelestium motibus esse manifestant mutuae gravitatis effectus, sed in terrestribus quoque phaenomenis, et qui omnium oculis observantur, facile conspicua est attractio. Ineptissimas de fluxu er refluxu maris philosophorum quorumdam opiniones referre superfluum omni-

no est, genuinam atque omnino indubitatam huius phaenomeni causam in sequenti conclusione explicabimus.

CONCLVSIO.

Ex actione lvnae et solis repetenda svnt aestvs marini phaenomena.

Prob. Constat aestus maris duobus oppositis motibus fluxu scilicet et refluxu. In oceano, praesertimque sub zona torrida, maxime conspicui sunt huiusmodi motus. Maris aquae per horas circiter sex fluunt versus litora: ea latissime occupant, atque in medio maris subsidunt. Deinceps per horas totidem refluunt inde longissime: littora sicca relinquunt, atque versus medium attolluntur. Horum motuum primus dicitur *fluxus*; alter vero *refluxus*. Vt autem conclusionem hanc recto ordine demonstremus, varia praemitti debent aestus marini phaenomena. Triplex observatur aestus marini periodus, *diurna*, *menstrua* et *annua*. Periodus diurna definitur spatio horarum 24 et minutorum primorum 49, quo scilicet tempore fluxus et refluxus bis contingit, atque hoc intervallum est tempus ipsum inter transitum lunae per meridianum et reditum ad eumdem. Periodus menstrua in eo posita est, quod aestus sint maiores in noviluniis et pleniluniis quam

Fig. in quadraturis, sive ut accuratius loquamur, in qualibet lunatione aestus contingunt maximi, in luna 18 circiter gradibus distat a plenilunio vel novilunio, aestus autem fiunt minimi, ubi luna totidem 18 gradibus distat a quadraturis. Tandem quod spectat ad periodum annuam, haec in eo sita est, quod aestus in diebus aequinoctialibus celebrati sint maximi in noviluniis et pleniluniis, in quadraturis autem minores sint quam in aliis lunationibus. Contra autem in diebus solstitialibus aestus minores sunt in pleniluniis et noviluniis quam in aliis lunationibus; at in quadraturis maiores quam in lunationibus aliis aestus contingunt. Ex his generalibus phaenomenis iam evidens est, aestum maris reciprocum magnam cum motibus lunaribus societatem habere. Sed rem totam distincte
61. explicemus. Fingamus, lunam l quiescere, et ponamus, terram T esse globum solidum quiescentem ad datam altitudinem immersum fluido homogeneo et elasticitate destituto $FCfO$, cuius superficies sit sphaerica. Ponamus deinde, huius fluidi partes singulas ad centrum globi vi gravitatis tendere, easque a sole et luna attrahi. Si fluidi et globi immersi partes singulae vi aequali et secundum directiones parallelas traherentur; evidens est, in hoc casu lunae et solis actione moveri dumtaxat totam globi et fluidi massam, eadem manente partium positione respectiva. At se-

cundum attractionis leges hemisphaerii superioris *FCf* partes, luminari scilicet proximiores, maiori vi attrahuntur quam centrum globi *T*, et contra vi minori attrahuntur partes hemisphaerii inferioris *FOf*. Quare si actione solis vel lunae centrum globi *T* moveatur, fluidum superius *FCf* vi maiori attractum, ad motum vi maiori tendere debet quam centrum, ac proinde adscendere debet fluidum vi, quae aequalis sit differentiae virium, quae fluidum superius et centrum globi attrahunt. Contra hemisphaerii inferioris *FOf* fluidum quum minus attrahatur quam centrum globi *T*; tardius movebitur, ideoque fugiet centrum, ut ita dicam, hoc est, a centro recedet vi, quae circiter aequalis sit vi hemisphaerii superioris. Igitur intumescet fluidum in duobus punctis oppositis *C*, *O* lineae *lT* per solem et lunam transeuntis: accurrent singulae fluidi partes ad puncta illa, et eo maiori velocitate, quo iisdem punctis proximiores sunt. Hinc manifestum est, cur aquae maris in duobus eiusdem meridiani punctis oppositis eodem tempore intumescant atque detumescant. Hinc etiam intelligitur, aestum maris non ex tota solis et lunae actione provenire, sed ex differentia virium, quas luminaria illa exercent in centrum terrae et in fluidum tam superius quam inferius. Hanc virium differentiam appellabimus deinceps *actionem solarem* vel *lunarem*.

Vires illas seorsum aestimare et cum vi gravitatis comparare docuit Newtonus, et ex virium centralium doctrina demonstravit, actionem solis esse ad vim gravitatis ut 1 ad 12868200o. Quamvis autem non ita accurate determinata sit actio lunaris, utpote quia pendet ex massa lunae nondum satis cognita; attamen ex quibusdam aestus marini phaenomenis actio lunaris fere quadruplo maior invenitur actione solari. At quidquid sit de iusta virium illarum differentia, certissimum est, actionem lunae multo maiorem esse actione solis. Iam praecipua phaenomena persequamur.

Quum aquae intumescere debeant in eo maris loco, qui lunae imminet, et in telluris puncto diametraliter opposito *O*; aquas deprimi necessum est in punctis *Ff* distantibus 90° ab iisdem punctis. Simili modo actio solaris efficere debet, ut aquae superiores soli subiectae intumescant, ac proinde et detumescant aquae ab iisdem punctis distantes 90°. Porro si actiones illae duae simul componantur, evidens est, aquarum adscensum in eodem loco varietatibus plurimis esse obnoxium, tum quod ad ipsam aestus marini quantitatem, tum quod ad horam, pro diversa scilicet loci positione respectu solis et lunae.

Generatim in coniunctionibus et oppositionibus luminarium conspirant vires duae,

quibus aqua tendit in solem et lunam. Nam in coniunctionibus solis et lunae luminaria duo supra meridianum eodem tempore transeunt; in oppositionibus autem, infra meridianum transeunte altero luminari, supra meridianum transit alterum, ac proinde aquas maris coniunctis viribus trahunt luminaria duo. Contra autem in quadraturis, aqua, quae vi solis attollitur, vi lunae deprimitur. Etenim in quadraturis luna distat 90° a sole, ergo aquae actioni lunari subiectae ab aquis soli subiectis distant 90°. Igitur in hoc casu luna attollit aquas: sol eas deprimit. Quare in syzigiis actio lunae conspirat cum actione solari; in quadraturis autem vires duae opponuntur. Ac proinde, ceteris paribus, aestus marini maximi esse debent in syzigiis, minimi autem in quadraturis; ut demonstrant aestus marini phaenomena.

Diei cuiuslibet naturalis intervallo duplex contingit fluxus et refluxus solis actione productus, non secus ac die qualibet lunari duplex aestus celebratur ob actionem lunae. Atque ambo illi aestus iisdem legibus peraguntur, hoc solum observato discrimine, quod aestus lunari actione producti maiores sint iis, qui solis actioni debentur. Quamvis enim solis massa longe maior sit massa lunae, ob maximam tamen solis distantiam illius actio longe minor fit actione lunari. Evidens etiam est ex attractionis legibus, eo

maiorem esse solis et lunae actionem, quo minor est illorum a terra distantia. Si abstrahamus a solis actione, aestus marini altitudo maxima contingere deberet in transitu lunae per meridianum, non tamen considerata vi inertiae, qua aquae non secus ac alia omnia corpora donatae sunt, qua nempe impressum motum servare conantur. Huius autem vis duplex effectus esse debet; horam scilicet, qua contingeret maxima aquarum altitudo, seclusa vi inertiae, debet retardare, et ipsam aquarum altitudinem minuere, ut patet. Etenim ponamus, terram quiescere, et lunam dato alicui terrae loco respondentem consideremus. Seposita solari actione, quae lunari longe minor est, aqua intumescet in loco, qui lunae imminet. Ponamus deinde, terram revolvi: haec respectu motus lunaris velocissime revolvitur, et praeterea aqua, quae vi lunae attollitur, et simul revolvitur cum terra, adquisitam altitudinem vi inertiae servare nititur. Interim vero recedens a luna aliquam amittit altitudinis suae partem. Quare quum duo illi effectus sibi sint mutuo contrarii, aqua telluris motu translata intumescet versus orientem lunae magis quam facere debuisset sine hoc motu, minus tamen adscendet, quam adscendere debuisset sub luna, quiescente tellure. Igitur telluris motus aestum marinum retardare et aquarum altitudinem minuere debet.

Post fluxum et refluxum per aliquod tempus exiguum neque adscendit mare, neque descendit. Aquae enim vi inertiae quietem et aequilibrium in utroque statu vel fluxus vel refluxus servare conantur. Praeterea quum telluris motus aquarum positionem mutet respectu lunae, ac proinde et ipsius lunae in aquas actionem; turbatur aquarum aequilibrium, et duae illae vires per aliquod tempus mutuo pugnant. His viribus iungi etiam debent aquarum tenacitas, aliaque impedimenta plurima, quae aquarum motum retardant. Proindeque efficiunt, ut aquae e statu altitudinis ad statum depressionis statim non transeant. Luna supra orientales plagas transit, antequam ad occidentales perveniat. Quare in prioribus locis fluxus debet citius contingere. Haec omnia cum aestus marini phaenomenis omnino consentiunt.

Si luna in aequatore semper maneret, evidens est, eam 90° a polis remotam fore, ac proinde sub polis nullus foret fluxus et refluxus. Quare in locis polo proximis fluxus et refluxus esset minimus, et nequaquam conspicuus, praesertim si consideremus enormes glacies, quae in his locis maxime obstant aquarum motibus. Verum quamvis luna non semper maneat in aequatore, 28° dumtaxat ab eo deflectit, ac proinde mirum non est, quod prope polos in latitudine 65° nullus observetur fluxus et refluxus. Iam po-

Fig. namus, lunam 24 horarum intervallo deſcribere circulum aequatori parallelum: aqua in polo per totam hanc diem quieſcet, quum luna eamdem ſervet a polo diſtantiam. At ſi die ſequenti alterum parallelum luna percurrat, aqua eadem quoque die in polo quieſcet, ſed magis minusve alta, prout luna minus magiſve diſtabit ab incolarum polarium zenith vel nadir. Conſideremus locum aliquem *I* inter lunam *L* et polum *P*. *Sit*
61. DA *tropicus cancri*, BC *tropicus capricorni. Si verſante luna in tropico cancri* AD, *fiat aeſtus in uno hemiſphaerio, eodem tempore in hemiſphaerio altero* DBC *fiet aeſtus in tropico capricorni* BC. *Contra exſiſtente luna in tropico capricorni, aeſtus, qui fiunt in uno hemiſphaerio in tropico capricorni, fient eodem tempore in oppoſito hemiſphaerio in tropico cancri. Iam vero locus* I *in primo caſu proximior eſt puncto* A *quam puncto* B, *in ſecundo vero magis diſtat a puncto* C *quam a puncto* A. Haec igitur eſt ratio generalis, cur aeſtus verſus polum borealem maiores eſſe ſoleant in tranſitu lunae per meridianum, luna in hemiſphaerio boreali conſtituta; contra autem aeſtus ſunt minores, dum luna verſatur in puncto oppoſito infra horizontem. Immo longius progrediendo verſus polum, unicus dumtaxat fluxus et refluxus 24 horarum ſpatio contingit. Dum enim luna eſt infra me-

ridianum in l, a loco dato multo minor est differentia; immo distantia illa ita parum differt a 90°, ut aquae deprimi potius debeant quam attolli.

Quum bis tantummodo in quolibet mense contingat, solem et lunam eidem coeli puncto vel iisdem punctis oppositis respondere; aquae ut plurimum non debent sub luna vel sole immediate adscendere, sed in loco inter haec puncta medio. Ita dum luna pergit a syzigiis ad quadraturas, hoc est, dum nondum distat a sole per 90°, maxima aquarum altitudo fieri debet versus occidentem lunae, et contra, dum luna pergit a quadraturis ad syzigias. Itaque in primo casu aestus maximus praecedere debet tertiam horam lunarem. Nam aquarum inertia faceret, ut aquae intumescerent tribus horis post transitum lunae per meridianum, at positio respectiva solis et lunae aquarum tumorem produceret ante transitum lunae per meridianum. Contra autem in alio casu aestus maximus tertia hora tardior esse debet. Varia aestus marini phaenomena, quae ex privatis lunae et solis actionibus pendent, non possunt a se invicem distingui, sed simul confunduntur. Aestus lunaris actione solis aliquantulum turbatur, quod quidem singulis diebus contingere necessum est ob diei naturalis et lunaris inaequalitatem. Porro quia aquarum inertia et undulatio aestum marinum retardant;

hinc ſit, ut aestus marini non contingunt in coniunctione vel oppositione lunae, sed post duos vel tres aestus. Simili ratione aestus minimi contingunt paullo post quadraturas. Tandem quum hyberno tempore sol telluri proximior sit quam tempore aestivo; aestus marini, qui solstitio hyberno contingunt, ceteris paribus, maiores observantur quam solstitio aestivo. Praecipua aestus marini phaenomena generatim enuntiare satis sit. Alia sunt plurima, quae subliiniorem postulant algebrae doctrinam, atque vix umquam explicanda. Interim concludere licet: lunae solisque actioni tribuenda sunt phaenomena illa, quae non solum cum generali attractionis doctrina probe conveniunt, sed etiam cum lunae solisque motibus; atqui sic se habent phaenomena modo exposita; ergo ex actione lunae et solis ea derivanda sunt.

SOLVVNTVR OBIECTIONES.

Obiect. 1. Si attractioni lunae referenda sint aestus marini phaenomena, dum attolluntur aquae supra meridianum, eas infra eumdem meridianum deprimi necessum est; atqui observationibus compertum est, aquas in eodem meridiano aeque attolli tum supra, tum infra horizontem; ergo falsa est conclusio. Resp. N. min. Hanc obiectionem adversus attractionem newtonianam iactare

non desinunt cartesiani. Verum quam frivola sit, ex demonstratis intelligitur. Manifestum enim est, aquas infra meridianum vi minori attrahi, quam supra meridianum, atque hac attractionum inaequalitate fit, ut aquae in duobus punctis oppositis eodem fere modo intumescere videantur, ut antea explicavimus. In eo situm est cartesianorum sophisma, quod nempe fingant, aquas attolli tota attractione lunae, quum attollantur dumtaxat attractionum differentia; nempe differentia inter attractionem totam et illam attractionem, quam luna in centrum telluris exercet.

Obiect. 2. Si luna supra mare transiens ipsius aquas adliciat, post transitum vero relaxet, sicque fluxum et refluxum producat; in zona torrida, ubi actio lunae est potentissima, mare potissimum intumesceret. At constat, in insula *D. Thomae* appellata et sub ipso aequatore constituta, mare vix ad quattuor pedes adsurgere, in *molucis philippinisque insulis* vix ad pedes duos aut tres; quum tamen in belgicis oris, quae extra zonae fines sunt, ad octodecim usque pedes aquae evehantur. Sic ergo obiici potest: in hypothesi newtoniana actio lunae, ubi potentior est, aestum maiorem produceret; atqui ita non observatur, ergo ex actione solis et lunae derivanda non sunt aestus marini phaenomena. Resp. dist. mai., aestum maiorem produceret, si cetera sint paria, C. mai. se-

cus, N. mai. et cons. Itaque in aestimandis aestus marini phanomenis attendi maxime debet loci conditio: aestus magnitudo ex ipsa marium magnitudine plurimum pendet. Ita nulli aestui obnoxia observantur maria angustiori spatio clausa: liberrimus esse debet aquarum fluentium et refluentium motus, atque ab oriente in occidentem satis vasto intervallo mare extensum esse oportet. Quod quidem ex ipsa attractionis doctrina facile colligitur. Etenim ad producendum aestum necessaria est virium inaequalitas in diversas fluidi partes, attractio scilicet alibi maior, alibi minor esse debet. Porro haec inaequalitas ingentem satis tractum requirit. In tractu enim exiguo actio lunae aequalem ad sensum addit vel demit gravitatem omnibus fluidi partibus, quas proinde eodem semper plano horizontali terminatas esse oportet. Hinc est, quod prope aequatorem, ubi mare inter Africam et Americam angustum est, aestus sint multo minores, quam hinc inde in zonis temperatis, ubi maria late patent. Eadem ratione intelligitur, quare ad litora maior sit aquarum motus, et ad freta angusta maior esse soleat aquarum altitudo quam in aperto mari. Etenim motum actione lunae impressum per longum tempus aquae retinent; quae proinde sustinentur, et novis aquis advenientibus attolluntur magis ac magis, praesertim si procurrentibus aquis impedimenta obiician-

tur. Tale phaenomenon observatur ad *Plymutum* et pontem *Chepstowae* in Anglia aliisque locis plurimis. Ex his patet, accuratam aestum rationem adferri non posse, nisi certissimis observationibus compertae sint singulae locorum circumstantiae. Itaque quidquid demonstravimus in conclusionis probatione, verum est dumtaxat, si maria eodem modo se habeant. Ex his locorum conditionibus pendet, quod mare caspium, mediterraneum, balticum nullos aut fere nullos aestus patiantur. Haec enim maria sunt veluti lacus, qui vel nihil vel augustum fretum cum oceano communicant. Eam ob causam in mari nigro et mari caspio fere nullus esse debet fluxus et refluxus, atque et minimus etiam in mari mediterraneo; sed minor est in mari baltico ob maiorem illius ab aequatore distantiam. In sinu veneto aestus est manifestissimus et maxime regularis. Id vero repetendum est ex ipsa sinus veneti figura, quae talis est, ut aquas magis restringat, easque ad adscensum cogat. Itaque angustiora quoque maria fluxum et refluxum pati possunt, favente locorum opportunitate. Eadem de causa intelligitur fluminum quorumdam atque etiam nonnullorum puteorum aestus. Haec phaenomena proculdubio repeti debent ex occulta cum mari communicatione. Quia vero incertae et maxime irregulares sunt huius communicationis viae; tales

aestus incertos et maxime irregulares esse oportet.

Obiect. 3. Praecedentibus demonstrationibus repugnare omnino videntur aestus marini phaenomena, quae in portu *Tunquini* observantur. In hoc portu unicus fluxus et refluxus 24 horarum spatio absolvitur, et quidem singulari lege. Dum luna ad aequatorem accedit, nullus fit aestus, et aqua immota manet. At ubi luna aliquam habet declinationem, iam deprehenditur aestus aliquis, et fit maximus, dum luna ad tropicos accedit. Hoc autem notandum es discrimen, quod nempe luna ad partem aequatoris borealem exsistente, aqua adscendat, dum luna est supra horizontem, contra autem descendat, si luna sit infra horizontem. Nempe fluxus contingit in ortu lunae, refluxus autem in occasu. At si luna declinationem australem habeat, contraria omnino lege aestus peragitur: aqua intumescit in occasu lunae, refluit autem in ortu; ergo ex actione lunae non pendent aestus marini phaenomena. Resp. N. ant. et cons. Ex praemissis principiis phaenomena explicantur. Phaenomenon illud plane singulare repetit Newtonus ex duorum aestuum concursu, quorum aestuum unus ex mari australi per litora sinensia originem habet, alter autem ex mari indico. Quum horum aestuum prior proficiscatur e locis, quorum latitudo est borealis; dum lunae declinatio

borealis est, et dum luna est supra horizontem, aestus fit maior, quam luna exsistente sub horizonte. Alter autem aestus, qui proficiscitur e regionibus meridionalibus, quarum latitudo australis est, maior est, dum declinatio lunae australis est, luna exsistente supra horizontem, minor autem, dum luna est sub horizonte. Itaqūe inter aestus illos alternis vicibus maiores et minores, duo maiores et duo minores singulis diebus simul decurrunt. Dum luna accedit ad aequatorem, fluxusque alterni aequales fiunt, iam aestus omnis cessat, et aqua quiescit. At dum luna ad alteram transit aequatoris partem, fluxus, qui antea erant minimi, fiunt maximi, ac proinde ubi antea contingebant aestus maximi, nunc contingunt aestus minimi, et contra. Itaque singularis ille aestus, qui ad portum *Tunquini* observatur, ex praedictis principiis pendet. Etenim idem aestus in duos vel plures successive advenientes divisus, componere potest alios motus plane diversos.

Obiect. 4. Vis attractiva, quae mari commovendo satis esset, in experimentis pendulorum, barometrorum, in corporibus aquae insidentibus aliisque id genus effectibus conspicua maxime foret. Atmosphaera nostra perpetuo fluxu et refluxu tantis viribus agitata, vehementissimis ventorum tempestatibus iactaretur. Hinc concluditur: aestus marini causa non est vis illa, quae in praedictis effe-

ctibus minime conspicua est; atqui in praedictis effectibus nulla vis adficiens observatur, ergo nulla talis actio exsistit in luna ad elevandas aquas. Resp. N. mai. Quod ad primam spectat obiectionis partem, certissimum est, vires illas, licet mare commovere valeant, nullos tamen effectus sensibiles in gravitatem terrestrem exercere posse. Etenim vim solarem ad excitandos aestus marinos ita exiguam calculo invenit Newtonus, ut minor sit vi gravitatis 12868200 vicibus; summa autem virium solis et lunae invenitur 2032890 vicibus minor vi eadem gravitatis. Igitur quum grani unius differentia in pondere granorum 4000 vix sentiri possit accuratissima etiam statera; perspicuum est, vires solis et lunae simul coniunctas vicibus quingentis minores esse, quam quae pondus corporis cuiusvis statera appensi sensibiliter augere vel minuere possint. Quare nec in pendulorum et barometrorum experimentis, aliisve similibus gravitatis effectibus conspicua esse poterit harum virium actio. Idem facilius intelligitur, facta densitatum aëris et aquae comparatione. Ponamus, aquam in aperto mari ad pedum 60 altitudinem adsurgere: loco aquae substituatur illud quodlibet fluidum: ad similem circiter altitudinem illud quoque debet adscendere. Quod evides est. Etenim si fluidum maiorem vel minorem oceani aqua densitatem habuerit, a-

ctio solaris singulas fluidi partes attrahens in massa tota vim maiorem vel minorem in eadem ratione producet, ac proinde eaedem forent fluidorum duorum velocitas atque altitudo. Ita columna aëris homogenei et eiusdem cum aëre nostro densitatis ad pedum 60 altitudinem adscendere, eiusque altitudo singulis diebus 120 pedum differentia variaret, nempe pedibus 60 in adscensu, totidemque pedibus in descensu. At quum mercurius aëre nostro undecies millies circiter gravior sit, differentia 120 pedum in altitudine atmosphaerae linearum duarum dumtaxat differentiam in altitudine barometri produceret. Verum tantilla differentia aliaeque variationes longe maiores aliis causis innumeris tribui possunt. Mirum ergo non est, quod oscillationes actione solis et lunae in barometro excitare difficilius distingui possint. Hortandi tamen sunt diligentiores physici, ut minimas illas differentias subtiliter et scrupulose attendant.

Quod spectat ad alteram obiectionis partem, certum est, actionem solis et lunae, quae aestus marini causa est, per atmosphaeram nostram transmitti, antequam ad maris aquas perveniat. Itaque necessum est, actionem hanc, quodcumque sit illius principium, in aërem nostrum exerceri, ac proinde massae aëreae partes commoveri. Nullum ergo dubium esse videtur, quin actio solis et lu-

nae ad generalem ventorum causam pertineat. Et quidem ex demonstratis evidens est, aestus marini ventorumque originem generatim consideratam esse phaenomena eiusdem generis, ac proinde ad eamdem generalem causam referenda. Id autem maxime confirmant venti, qui sub zona torrida ab orientali plaga, et sub zonis temperatis a plaga occidentali certis legibus spirare observantur. Ex illa actione repetendum videtur, quod frequentissimis vehementissimisque ventorum procellis in certis latitudinibus iactentur naves intra tropicos. Et certe in locis oceanî liberioribus, quae obstaculis minus sunt impedita, leges magis constantes in ipsa ventorum vi et directione observantur. Porro heic sermo est dumtaxat de causa generalî ventorum, quae solis et lunae viribus debetur. Neque physicis enumerare licet alias innumeras accidentales ventorum causas, quae ex vaporibus per aërem infinita propemodum varietate dispersis oriuntur. Neque etiam attingimus obstacula plurima, quae generalem ventorum causam turbant, illorum vim frangunt, atque directionem mutant. Tandem certissimum est, in generali ventorum causa solis calori partes maximas tribuendas esse. Sed tot tamque difficiles conditiones ad calculum revocari nequaquam possunt. Vnum observare satis erit, actionem lunae in aërem nostrum longe maiorem esse, quam vulgo cre-

ditur a physicis. Absit quidem, ut vanissima de lunari influxu imperitae plebis somnia amplectamur. At quum actio lunae ad mare turbandum vim solarem longe superet, fateri necessum est, huius planetae actionem in aërem nostrum maximam esse et tantam, ut in nostra atmosphaera plurimas diversi generis mutationes adferre possit.

APPENDIX.

De quibusdam capitis praecedentis utilitatibus.

Vtilissimam esse in arte nautica aestus marini doctrinam, omnibus notum est, nec rem fusius probare opus est. Quamvis autem in navigationis usu tantam fortasse, quantam nonnulli praedicant, utilitatem habere non videatur telluris figura; eam tamen utilitates maximas habere posse, manifestum est, si ad tantam, quae necessaria est, observationum et experimentorum subtilitatem feliciter umquam pervenire possit hominum industria. At dolendum est, ita imperfectum esse praesentem navigationis statum, ut errores, qui in aestimando navis itinere committi solent, erroribus ex telluris figura oriundis longe maiores sint. Quare licet laudandi maxime sint doctissimi viri, qui pro sphaeroidica telluris figura marinas tabulas reformarunt; hae ta-

men tabulae nullius utilitatis esse possunt, donec, arte nautica ad maiorem perfectionem adducta, manifesta tandem esse possit navigationis differentia vel in sphaera vel in sphaeroide. Itaque his praetermissis adhuc exspectandis utilitatibus, adolescentes theologiae studiosos monebimus, quod vix credi posset, non deesse perversissimos homines, qui physica mundani systematis causa tam impie abutuntur, ut negandae providentiae divinae occasionem inde arripiant. Data semel, inquiunt, planetarum impulsione, concessaque attractione, per solas naturae leges, universa mundi structura perpetuusque rerum ordo perseverare debet, sine ulla conservantis vel dirigentis auctoris providentia. Tota scilicet natura his duobus innixa principiis, motu nempe primum impresso et mutua attractione, stabilis firmissimaque manebit, nec continua supremi artificis actione indigebit. En impietatem non satis deplorandam, et ex iis, quae de rerum conservatione in metaphysica demonstravimus, facile refellendam. Et certe, ¿ecquis motum materiae impressit? ¿Ecquis materiae vim attractivam certa lege indidit, nisi rerum omnium conditor D. O. M. qui omnia uno intuitu videt, eaque proinde vult exsistere, quandiu exsistunt? Ineptum enim est fingere Deum, qui de rebus a se creatis nihil cogitat, easque constitutis semel legibus permittit. Etenim quum

Deus sit ens infinite intelligens, ipsi praesentissima sunt omnia, ac proinde res exsistunt, et tali modo exsistunt, quia Deus vult; alioqui Deus nec foret infinite intelligens nec omnipotens, seu non foret Deus. Igitur non philosophantur, sed *blasphemant* increduli homines, qui materiam a Deo creatam, et primo mundi initio certis legibus dispositam concedunt quidem, sed deinde iisdem legibus eam deseri, et veluti sponte regi adfirmant. Quod explicare solent exemplo horologii affabre elaborati, cuius motus sine adsidua artificis manu perseverat. Hoc quidem exemplo nihil absurdius, quo Deus cum hominibus comparatur. Ens infinite perfectum unico intuitu complectitur omnia, eaque unico voluntatis actu conservat. Haec omnia conferantur cum iis, quae diximus in metaphysica.

Physicam mundani systematis causam generatim exposuisse nobis satis fuit, nec vanissimas cosmologiae hypotheses recensere placuit. Duo tamen circa hypotheses illas monenda sunt. Et 1.° quidem in nullo physices systemate licet recedere a veritatibus revelatis, atque a sacris dogmatibus, quae de mundi creatione tradit Moses. 2.° Hypotheses fingere licet in iis, quae revelationis et sacrae scripturae auctoritas non docet. Minime ergo probandi sunt severiores nonnulli scriptores, et plus aequo religiosi, qui phy-

sicam universam exigere volunt ad normam sacrae scripturae, innoxiasque hypotheses nec scripturae sacrae nec ecclesiae auctoritate damnatas impietatis accusare non dubitant. Exemplo sit hypothesis newtoniana de radiorum lucis a sole emanatione, quam intemperantiores quidam et imperiti critici aiunt adversari primo Geneseos capiti, in quo lux primo die producta dicitur; sol autem deinde creatus legitur. Quam inepta et maligna sit talis accusatio, nemo non videt. Newtonus enim de praesenti rerum statu loquitur et de lucis solaris propagatione. Praeterea non desunt doctissimi optimique nominis interpretes, qui solis creatione ipsam angelorum creationem intelligunt, quam quidem interpretationem non improbat ecclesia. Neque etiam aequiores sese ostendunt scriptores alii, qui velut impiam et sacrae scripturae contrariam traducunt opinionem, quae terram in mundi creatione aquis coopertam fuisse ostendit. In hac sententia nihil omnino est, quod sacrae scripturae contrarium videatur. Et quidem legitur in laudato capite: *Spiritus Dei ferebatur super aquas: fiat firmamentum in medio aquarum, et dividat aquas ab aquis. Congregentur aquae, quae sub coelo sunt, in locum unum, et appareat arida, et vocavit Deus aridam terram.* Heic data occasione paucis verbis hortari non abs re est studiosos adolescentes, ut

in sacra scriptura non profanas quaerant scientias, sed fidei dogmata morumque regulas, quibus credere et sancte vivere discant. At in philosophicis opinionibus, de quibus nihil pronuntiavit ecclesia, sese indulgentiores praebeant.

CAPVT III.

De chronologia et calendario.

Chronologiae nomine intelligitur temporum doctrina. Haec autem innititur illustrioribus quibusdam factis seu monumentis, ad quae veluti ad puncta fixa revocari solet universa temporum antiquitas. Illustriora haec documenta, quae chronologiae basis sunt et fundamentum, *epochae* vel etiam *aereae* appellantur. Neque in explicanda dumtaxat atque illustranda temporum antiquitate versatur chronologia, sed etiam *epactarum*, *periodorum* et *cyclorum* ope festa mobilia paschatisque celebrationem consignat atque definit. Itaque proprie loquendo, duplex distingui debet chronologiae pars. Prima est tota *historica* in evolvendis factis occupata, altera autem *mathematica* est atque *astronomica*, quae observationes calculosque astronomicos adhibet ad figendas epochas festosque religionis dies constituendos. Haec ultima chronologiae pars calendarii doctrinam complectitur. Porro ma-

nifestum est, temporum doctrinam clare explicari non posse, nisi de temporis mensura apud veteres praesertim usitata aliquid praemittamus.

ARTICVLVS I.

De temporis partibus atque mensura.

DEFINITIO I.

Omnibus notae sunt vulgares temporis partes, *dies*, *horae*, *hebdomades*, *menses* et *anni.* Dies *naturalis*, qui motu apparenti solis ab oriente in occidentem definitur, est illud temporis spatium, quod numeratur, dum sol a meridiano vel aliquo alio circulo horario digressus ad eumdem redit. Naturalis dicitur, ut distinguatur a vulgari die *artificiali*, quae *dies* simpliciter dicitur, quatenus nocti opponitur. Non idem fuit apud omnes gentes diei initium. Babyloni diem auspicabantur ab ortu solis, iudaei et athenienses ab occasu, quod itali nunc faciunt, et a sole occidente horam vigesimam quartam numerant, proximam post solis occasum horam diei *primam* vocant. Diem a media nocte olim inchoabant aegyptii, a quibus Hipparchus hunc computandi morem in astronomiam induxit, eumque secuti sunt Copernicus aliique astronomi. Maxima tamen a-

stronomorum pars commodius duxerunt, diem a meridie auspicari. Sed mos incipiendi diem a media nocte obtinet apud gallos, hispanos, britannos et alias plerasque Europae gentes.

Hora alia est *aequalis*, alia *inaequalis*. Hora aequalis est vigesima quarta pars diei naturalis. Sed praeter crassiorem illam computationem recepta est divisio horae in sexaginta minuta prima, et uniuscuiusque minuti primi in sexaginta secunda, cet. Hora inaequalis est duodecima pars diei artificialis, item pars duodecima noctis. Horae inaequales dicuntur etiam *temporaneae* eo, quod diversis anni tempestatibus variae sint, nempe hora diurna aestiva longior est hiberna, et nocturna brevior. In die autem aequinoctiali hora diurna nocturnae aequalis est. Quare horae aequales dicuntur *aequinoctiales*. His horis usi sunt olim iudaei, romani, hodieque utuntur turcae, atque ita meridies in horam diei sextam incidit.

Defin. II. Hebdomas est septem dierum spatium. Variis appellationibus hebdomadis dies distinguuntur. Quum in ipsa mundi creatione divinus artifex sex diebus cuncta digesserit, et septima tandem die *requieverit ab omni opere, quo patrarat*; ad divini operis memoriam institutum videtur, ut hebdomadae septem dierum sibi succedentium ordine distinguerentur, quorum dierum ulti-

mus *sabbatum* vel *requies* diceretur eo, quod in illo olim creator, eiusque deinde iussu homines requiescerent; quia etiam hebdomada ipsa sabbatum, et quaelibet hebdomadae dies *prima*, *secunda* cet. *sabbati* dici consueverit, ut saepissime in evangelio legitur, praesertim vero quum pharisaeus gloriabatur, se *bis in sabbato ieiunare*. Quamvis autem christiani sabbati loco dominicum diem, quo Christus a mortuis surrexit, sacrum semper habuerint, et singulas hebdomadae dies *feriae primae*, *secundae* cet. nomine designaverint, plerumque tamen veterem retinuerunt ethnicorum morem, qui singulis diebus planetae alicuius nomen imposuere. Sic *dominica* vel feria prima *dies solis*, secunda *lunae* cet. appellantur.

Mensis nomine proprie intelligitur illud temporis spatium, quo luna zodiacum proprio motu percurrit. Est alius mensis huic propemodum aequalis, quem solis motus metitur, estque spatium temporis, quo sol unum signum seu partem eclipticae duodecimam describit. Praeter menses praedictos, de quibus diximus in astronomia, usurpatus etiam fuit mensium civilium usus. Hi autem menses pro regni alicuius aut reipublicae instituto, pluribus vel paucioribus constant diebus. Ita aegyptiis olim placuit, mensem quemlibet diebus triginta constare, diesque illi quinque, ex quibus annus constabat ultra

dierum in mensibus numerum, *epagomenae* dicebantur.

Defin. III. Annus est vel *astronomicus* vel *civilis*, anni astronomici utramque speciem, *tropicum* scilicet et *periodicum*, in praecedenti capite explicavimus. Annus civilis in republica aut regno aliquo receptus est quoque duplex, *lunaris* aut *solaris*, prout lunae vel solis motibus est accommodatus. Rursus duplex est annus lunaris *vagus* vel *fixus*. Annus lunaris vagus constat duodecim mensibus synodicis, vel duodecim lunationibus, quae diebus 354 absolvuntur. Deficit itaque hic annus a solari diebus 11. Vnde fit, ut annorum initia per omnes anni tempestates 32 annorum spatio vagari debeant, atque eam ob causam vagus annus dicitur. Hac anni forma utuntur turcae et mahumedani. Iam vero quia 12 lunationes deficiunt ab anno solari diebus 11, in tribus annis solaribus lunationes 36 seu tres anni lunares deficerent a solaribus 33 diebus. Itaque ut retineantur menses in iisdem anni solaris cardinibus, anno tertio mensis integer superadditur. Quod factum est, quoties opus fuerit, ut anni initium in eadem tempestate retineretur, et mensis hic superadditus *embolimaeus* seu *intercalaris* dicebatur. In annis novemdecim huiusmodi menses intercalares sunt septem, unusquisque huius formae *lunaris fixus* nominatur. Tali anno usi sunt

graeci, hosque imitati romani usque ad Iulium Caesarem. Annus civilis, quem metitur solis motus, duplex quoque est vel *fixus* vel *vagus*. Vagus dicitur *aegyptiacus*, quo utebantur aegyptii, et constabat diebus 365, ac proinde ab uno tropico horis fere sex deficit; quibus sex horis neglectis fit, et quarto quolibet anno uno die annum solarem antevertat annus vagus; ideoque quatter 365 annis, hoc est, annis 1460 initium eius vagatur per singulas anni tempestates.

Defin. IV. Quum annus aegyptiacus, qui 365 diebus constat, fere sex horis deficiat a vero anno solari; horarum illarum ratio habenda est, ut anni aegyptiaci solaribus conformes fiant. Praeterea anni civilis idem initium esse debet, ab eadem scilicet diei hora. Neque enim convenit, annum inconstanter incipere modo ab una diei hora, modo ab alia; quod tamen contingeret, si singulis annis adderentur sex praedictae horae. Quare opportunum iudicatum est, ut horae illae trium annorum spatio accumulatae, quarti anni horis sex adderentur, integrumque diem efficerent. Hac enim die addita quarti anni diebus 365, idem quartus annus cum motu solis congruet. Huius emendationis commodum intelligens Iulius Caesar quarto cuilibet anno diem *intercalarem* adiiciendum iussit, ut nempe adhibita hac correctione quartus annus constaret diebus 366. Haec

autem dies addita est mensi februario. Quia vero in anno vulgari dies februarii 24 dicitur *sextus calendas martii*, seu *sextus ante calendas*, statuit Caesar, ut quarto quolibet anno haec dies bis diceretur ita, ut in illo anno sint bini dies, quorum quilibet erit *sextus ante calendas martii*. Qua de causa annus ille *bissextilis* dicebatur. Haec forma anni a Iulio Caesare constituta vocabatur *iuliana*. Atque haec est illius dispositio, ut quartus annus quilibet sit bissextilis dierum 366, reliqui tres communes 365 dierum. Observandum tamen est, iusto maius esse tempus anno solari a Iulio Caesare tributum. Nam sol periodum suam in ecliptica absolvit diebus 365, hor. 5, min. 49. Ac proinde undecim minutis primis citius cursum suum sol repetit, et ab initio anni iuliani hoc temporis intervallo aberrat. Si, e. g. sol in aliquo anno vigesima die martii aequinoctium meridie celebraverit, proximo anno undecim minutis ante meridiem ad aequinoctialem circulum perveniet, et anno sequenti viginti duobus minutis ante meridiem eumdem circulum attinget. Atque ita singulis annis sol motu suo 11 minutis annum civilem antevertet; ac proinde annis 131 integrae diei *anticipationem* produci necessum est. Quare aequinoctium coeleste non in eodem semper anni civilis die haerebit, sed sensim versus initium anni regredietur er-

rore tam manifesto, ut in dubium vocari non possit.

Dum tempore concilii nicaeni de paschatis celebrandi terminis actum est, aequinoctium vernale in diem 21ma martii incidebat. Sed perpetua eiusdem aequinoctii anticipatione tandem anno Domini 1582, quo calendarii iuliani reformatio facta est, observatum est, solem iam a die undecima martii aequatorem attigisse, hoc est, per integros decem dies citius, quam tempore concili nicaeni. Itaque quum summus Pontifex Gregorius XIII aequinoctium ad diem 21 martii restituere cuperet, dies illos decem e calendario exemit, statuitque, ut dies undecimus martii vigesimus primus numeraretur. Ne autem deinceps idem incommodum obreperet, cautum est, ut centesimus quisque annus *communis* esset, qui secundum iuliani calendarii formam debebat esse *bissextilis*, at quartus quisque centesimus bissextilis maneret. Nova haec anni forma a summo Pontifice Gregorio XIII, cuius auctoritate stabilita est, *gregorianae* nomen habuit. Hanc receperunt catholicae omnes regiones, atque etiam inter protestantes plurimae, et paucis abhinc annis Anglia, quae hactenus repugnaverat, huic emendationi subscripsit. Haec de anno gregoriano obiter dicta sint, rem enim fusius explicabimus in speciali articulo de calendario.

ARTICVLVS II.

De illustrioribus epochis praecipuisque periodis.

I.

Quemadmodum in coelo sunt certa puncta, a quibus astronomi in motuum coelestium computatione initium capiunt, ita etiam sunt certa temporis puncta, a quibus tamquam radicibus calculos suos inchoant chronologi. Hae radices *epochae* seu *aerae* dicuntur, a quibus anni et tempora numerantur. Duplex est epocharum genus. Aliae nimirum sunt epochae *sacrae*, quae in sacris litteris traditae sunt vel adhibitae, in quibus nempe annorum series ab aliqua re gesta in sacris scripturis memorata numeratur; aliae sunt *profanae*, quibus alii scriptores utuntur, et ab aliquo facto, quod a profanis solum scriptoribus memoratur, originem sumunt. Prima inter epochas sacras est illa, quae ab ipsa mundi origine incipit, diciturque epocha *orbis conditi*. De hac epocha insignes sunt controversiae. Alii contendunt, mundum conditum esse ante Christum natum annis 3950; alii, Christo nascente, aetatem mundi fuisse annorum 3983, adfirmant. Ecclesia graeca et imperatores orientis utuntur epocha, quae mundum longe antiquiorem facit: secundum illo-

rum aeram mundus conditus est annis ante Christum 5590. Prolixius esset referre varias de mundi antiquitate opiniones; hanc quaestionem iterum revocabimus in appendice. Aliae sunt epochae sacrae quamplures, quarum praecipuae sunt *diluvium*, *vocatio Abrahae*, *exitus ab Ægypto*, *iudaei a regibus gubernati*, *captivitas babylonica*. Sed epochae illae apud varios auctores variae sunt pro diverso, quod quisque amplectitur, chronologiae systemate. Hanc autem chronologiae varietatem, paucis deinde, quantum licet, expendemus, atque etiam aerae christianae difficultates exponemus. Huius celebris epochae initium ex recepto ecclesiae usu post Dionysii exigui tempora coniicitur in annum urbis conditae 753. Dionysius exiguus sexto ecclesiae saeculo profanis epochis antea usitatis natalem Christi Domini diem substituit. Consensu unanimi recepta atque approbata fuit haec epocha, quae ideo *vulgaris* appellatur, atque secundum hanc epocham praesens annus numeratur 1761 post Christum natum. Verum quamvis aerae christianae initium a prima die ianuarii post Christum natum sumi debeat; quia tamen annum, quo Christus natus est, nondum pro comperto habent chronologi; hinc factum est, ut servata vulgari aera ecclesiae usu consecrata, de aerae christianae initio varias proponant opiniones. Sed quidquid sit de illa

opinionum varietate, quam deinde examinabimus, nullus hodie exstat in doctrina temporum vel mediocriter versatus, qui dionysianam epocham pro vera habeat. Hanc tamen epocham plurium saeculorum usu frequentatam merito retinet ecclesia, ne temporum ordo et recepta rerum ecclesiasticarum series turbentur.

II. Longe maior in profanis quam in sacris epochis varietas reperitur. Inter profanas epochas antiquissima et celeberrima est *olympiadum* epocha, cuius initium refertur ad annum 776 ante Christum natum in ipso plenilunio post solstitium aestivum. Frequentissimi usus est haec epocha in historia antiqua. Originem habuit ex ludis *olympicis*, qui singulis quattuor annis, quinto ineunte, celebrari consueverant.

Olympiadum epocha non multo anterior est quam epocha *Romae* seu *Vrbis conditae*, quae duplex est, *varoniana* et *capitolina*. Prior Vrbem conditam ponit anno ante Christum 753, altera anno 752. Quamvis autem priscis temporibus praecedentium epocharum usus apud graecos maxime floruerit, Ptolemaeus tamen, aliique astronomi veteres aera Nabonassarii babylonii regis saepissime usi sunt. Haec autem aera coepit anno ante Christum 747. Aliae sunt epochae plurimae, quas recensere longius foret et superfluum, quum in omnibus chronologorum libris passim repe-

riantur. Verum ad perfectam epocharum omnium notitiam necessaria omnino est periodus *iuliana*, quae constat annis 7980. Huius periodi initium fingitur annis 764 ante mundum conditum, et nondum est terminata. Ac proinde res omnes gestas universasque epochas complectitur. Annus ante Christum fuit periodi iulianae annus 4713, ideoque ex dato aerae christianae anno statim invenitur annus periodi iulianae respondens, si nempe proposito anno addantur 4713. Et contra si ab anno periodi iulianae auferantur 4713, differentia praebet annum aerae christianae quaesitum. Sed rem utilissimam explicemus.

Defin. 1. Ex trium cyclorum lunae, solis et indictionis multiplicatione conflatur periodus iuliana annorum 7980. Cyclorum illorum rationem exponemus. *Cyclus* appellatur certa series numerorum ex ordine ad fixos usque terminos progredientium, et eodem deinde non interrupto ordine redeuntium. Haec fuit cyclorum origo. Revolutio nempe apparens solis circa terram in 24 horas pro arbitrio primum divisa fuit, atque ad hanc divisionem tamquam ad basim et fundamentum revocatae fuerunt omnes temporis mensurae. In usu civili usurpabantur dumtaxat horae vel horarum tempora *multipla*, dies scilicet, anni cet. At solis aut corporis cuiusvis alterius coelestis motus annuus neque

per horas neque per tempora horarum multipla accurate mensurari et dividi potest E. g. revolutio solis annua est dierum 365, hor. 5, min. 49 quamproxime; revolutio lunae est dierum 29, hor. 12, min. 44. Itaque ad eliminandas fractiones obtinendosque numeros integros, qui dies et annos dumtaxat continerent, excogitati fuerunt cycli, qui plures eiusdem sideris revolutiones comprehenderent ita, ut post certam annorum seriem ad eumdem coeli locum sidus rediret. Talis est celebris cyclus lunaris, qui est periodus annorum 19 solarium, vel annorum 19 lunarium cum mensibus 7 intercalaribus, quo tempore elapso, plenilunia et novilunia in easdem anni iuliani dies incidunt. Haec periodus vocatur etiam *metonica* ab auctore suo Metone atheniensi, illiusque commoditatem et excellentiam tanti faciebant veteres, ut annum cycli pro quolibet anno proposito aureis litteris inscribere consueverint, illumque *numerum aureum* appellaverint. Sed cycli huius utilitatem explicabimus in proximo articulo, ubi de calendario. Primus annus aerae christianae numerum aureum habuit 2, seu cyclus initium habuit anno ante Christum natum. Quare si anno Christi cuilibet proposito addatur 1, et summa per 19 dividatur, numerus, praeter quotientem, residuus aureum propositi anni numerum exhibebit. Cyclus solaris est 28 annorum periodus, quae in 1

initium, et in 28 finem habet. Illae autem cyclus non ita appellatur, quasi ex motu solari pendeat, sed quod adhibeatur ad definiendam diem *dominicam*, quae olim *dies solis* vocabatur. Talis est nempe huius cycli periodus, ut annis 28 completis, anni dies in iisdem hebdomadae diebus recurrant. Huius quoque cycli constructionem et usum in proximo articulo ostendemus. Cycli solaris epocha novem annis ante Christum natum incipit. Quare ad inveniendum anni cuiuslibet propositi cyclum solarem, numero dato addatur 9, summaque per 28 dividatur, residuum exprimet cyclum quaesitum; quotus autem cycli solaris periodos post Christum natum indicabit. Si vero nullum sit residuum, annus propositus erit ultimus cycli solaris annus; quod evidens est ex cycli solaris natura. Praeter cyclos lunae et solis est alius cyclus, qui *indictionum* dicitur, apud romanos in diplomatibus caesareis frequenter usurpatus. Nullam habet cum motibus coelestibus connexionem, isque nihil aliud est quam annorum 15 revolutio, quibus expletis, rursus eiusdem periodi recurrit initium. Anno ante Christum natum indictionis numerus fuit 3. Ac proinde si anno Christi addantur 3, et summa dividatur per 15, residuum erit ipse indictionis annus. His praemissis inveniendae periodi iulianae rationem exponemus.

Probl. 1. DATIS ANNIS CYCLI SOLARIS, LVNARIS ET INDICTIONIS, INVENIRE ANNVM PERIODI IVLIANAE.

Ex periodi iulianae natura evidens est, inveniendos esse tres numeros huius conditionis, ut primus sit *multiplus* numerorum 19 et 15, seu eorum producti 285, ut per 28 divisus relinquat numerum cycli solaris; secundus sit multiplus numerorum 28 et 15, seu eorum producti 420, ut divisus per 28 relinquat numerum cycli lunaris; tertius denique sit multiplus numerorum 28 et 19, ut per 15 divisus relinquat numerum cycli indictionis. Horum numerorum summa, si minor sit 7980, erit annus periodi iulianae quaesitus; si autem maior fuerit, dividatur per 7980, et residuus numerus erit annus periodi iulianae. His conditionibus satisfieri facile potest ope algebrae, primus numerus est 4845, secundus 4200, tertius 6980, ut patet. Illi enim numeri habent conditiones requisitas. E. g. sit cyclus solaris 3, lunaris 4, indictionis 5, ducatur 4849 in 3, productum erit 14535. Item muitiplicetur 420 per 4, habebitur producrum 16800: tandem fiat multiplicatio numeri 6916 per 5, productum fiet 34580, habebiturque 69515 productorum summa, qua divisa per 7980, quotus erit 8; residuum autem 2075 exhibebit annum periodi iulianae quaesitum. Porro ex da-

tis conditionibus problematis patet, in tota periodo unicum esse annum, qui datis cyclis respondeat, ac proinde si cuiusque anni cyclos in suis annalibus notassent historici, omnis tolleretur temporum ambiguitas.

Praeter periodum iulianam est et alia periodus, quae *victoriana* a suo auctore Victorio, aut *dionysiana* a reformatore Dionysio dicitur. Periodus illa ex cyclis solis et lunae in se invicem multiplicatis conflatur, ac proinde annis 532 absolvitur.

Probl. 11. INVENIRE ANNVM PERIODI DIONYSIANAE, DATIS CYCLORVM SOLIS ET LVNAE ANNIS.

Problema huc revocatur, ut nempe inveniantur duo numeri tales, quorum unus dividi possit per 28 sine residuo, at si per 19 dividatur, residuum sit 1, alter autem sine residuo dividatur per numerum 19, at si per numerum 28 dividatur, residuum sit 1, ut patet ex natura periodi dionysianae. Numeri autem illi per algebram quaesiti prodeunt 476 et 57. Manifestum enim est, numeros illos conditionibus propositis satisfacere. Itaque numerus cycli solaris datus pro quolibet anno proposito multiplicetur per 57, itemque numerus cycli lunaris ducatur in 576. Productorum summa dividatur per 532; numerus residuus, nulla habita ratione quoti

erit annus periodi dionysianae quaesitus. At si dato anno aerae christianae inveniendus proponatur annus periodi dionysianae, res est magis expedita. Anno dato addatur numerus 475, summa dividatur per 532, numerus residuus, praeter quotientem, indicat annum periodi quaesitum. Ceterum totam huius problematis rationem arithmeticam declarare longius foret. Satis sit observare inventos numeros propositae quaestioni satisfacere, quod evidens est.

ARTICVLVS III.

De calendario.

DEFINITIO I.

Calendarium est dierum in anno civili dispositio secundum priores menses et eorumdem in hebdomadas distributio, festis etiam adsignatis. Inter varias calendariorum formas calendarium *iulianum* et *gregorianum* considerabimus. Calendarium iulianum illud est, in quo cycli solaris ope distribuuntur hebdomadae dies secundum seriem litterarum A, B, C, D, E, F, G. Novilunia autem et plenilunia, praesertimque plenilunium paschale, numeri aurei ope disponuntur. Totam calendarii huius formam breviter explicabimus. Hebdomadarum distributio fit per litteras al-

phabeti septem priores A, B, C, D, E, F, G, hoc ordine; prima scilicet ianuarii dies notatur littera A, secunda B, tertia C, et ita deinceps usque ad G, quae diei septimae adfigitur, et rursus eodem servato ordine, diei octavae iterum apponitur littera A, nonae diei B, decimae C, atque sic successiva litterarum repetitione singulae anni dies aliquam obtinent litteram in calendario, et ultimo diei decembris adscribitur littera A. Nam si 365 dies dividantur per 7, proveniunt hebdomadae 52, et unus praeterea superest dies. Si nullus superesset dies, anni omnes ab eodem hebdomadae die semper inciperent, et quilibet mensis dies in determinatum hebdomadis diem perpetuo incideret. Quia vero in anno praeter hebdomadas completas remanet unus dies; factum est, ut annus in eodem desinat die, a quo incipit. E. g. in anno communi 365 dierum, si annus incipit die dominica, ultimus anni dies erit etiam dies dominica, et primus sequentis anni dies est dies lunae. Litteris hac ratione dispositis in anno communi, littera, quae primae ianuarii dominicae respondet, per totum illum annum dominicas indicabit, ideoque littera illa istius anni *dominicalis* vocatur. Si prima ianuarii dies sit dominica, cui respondet littera A, ultima erit quoque dominica, ut patet ex dictis, ac proinde annus sequens die lunae incipiet, et dominica cadet in diem septi-

mum, cui respondet littera G, quae ideo erit littera dominicalis per totum illum annum. Si annus die lunae incipiat, die quoque lunae desinet, et anno sequente prima ianuarii dies cadet in diem martis, primaque dominica cadet in sextam mensis diem, cui in calendario respondet littera F, atque eodem modo anno sequente littera dominicalis foret E, et hac ratione litterae dominicales ordine semper retrogrado feruntur per G, F, E, D, C, B, A. Evidens est, ut iam diximus, per totum annum *communem* seu non bissextilem eadem littera cuiuslibet hebdomadae diem semper iudicari, quum dominica septem dierum ordine constanter redeat. Verum quoniam quartus quilibet annus est bissextilis, dierum scilicet 366, ultra hebdomadas 52 supersunt dies duo. Quare si annus ille incipiat die dominica, in die lunae terminabitur, et proximus post hunc bissextilem annus a die martis incipiet, primaque eiusdem anni dominica in sextam mensis diem cadet, cui respondet littera F pro sequentis anni dominicali. Itaque quum annus bissextilis post singulos quattuor annos recurrat; hinc manifestum est, singulis septem annis quatter sumtis, hoc est, 28 annorum intervallo recurrere eumdem litterarum dominicalium ordinem, qui quidem ordo annorum bissextilium recursu non turbatus singulis septenniis rediret. Hinc oritur cyclus *solaris* annorum

28, de quo iam mentionem fecimus, quo nempe completo, eadem recurrit litterarum dominicalium series. Ex his autem patet, qua ratione construi possit pro calendario iuliano litterarum dominicalium vulgaris tabula. Cycli solaris primus annus est bissextilis, cui respondent litterae dominicales G, F. Secundi anni littera dominicalis est E, tertii D, quarti C, quintus cycli annus rursus est bissextilis, cui congruunt litterae dominicales B, A cet. et ita deinceps. Hinc facile comparatur tabula, quae litteras dominicales cuilibet cycli solaris anno respondentes exhibet. Quare si inveniatur cycli solaris annus, ut antea docuimus, statim patet littera dominicalis e latere respondens. Si tabula duas demonstret litteras dominicales, quod in anno quolibet bissextili contingit, litterarum prima valet usque ad 24 diem februarii *inclusive*, altera autem reliqua anni parte usurpatur.

II. Praeter hanc, quam explicavimus, litterarum dominicalium distributionem, quae stabiles dies festos certis anni diebus adligatos determinat, in calendario consignantur etiam dies festi mutabiles, qui in diversis annis diversis diebus celebrantur, qui proinde non ex solis, sed ex lunae motu pendent. Tale est sanctum paschatis festum, quod die dominica post plenilunium *vernale* celebrari, praecipit ecclesia. Plenilunium autem *vernale*

illud appellatur, quod in ipsam aequinoctii vernalis diem incidit, vel eam proxime sequitur. Primo itaque ad definiendum paschatis celebrandi tempus constituendum est aequinoctium, quod diei martii 21 adfixum statuitur in calendario iuliano. Novilunia autem et plenilunia cycli lunaris et numeri aurei ope in eodem calendario definiuntur. Hac autem ratione numeri aurei diebus calendarii adscribuntur. Adhibito quolibet anno, pro initio cycli, cui numerus aureus I tribuitur, notentur in singulis mensibus noviluniorum dies, atque eo anno e regione horum dierum scribatur character I. Quoniam autem, e. g. novilunia accidebant ianuarii 23, februarii 21, martii 23 cet.; e regione horum dierum in cycli lunaris columna scribitur unitas. Sequenti anno notatis noviluniis e regione dierum, quibus acciderunt, scribitur in numerorum aureorum columna character 2. Idem fit tertio anno, et ita deinceps, donec absolutus fuerit cyclus annorum 19. Iuliani calendarii constructionem explicavimus. Nunc calendarium gregorianum exponamus, et deinde calendarium utrumque diligentius expendemus.

III. Alia est calendarii gregoriani forma, tum quod ad litteras dominicales, tum etiam quod ad festa mobilia. Calendarii reformatio sub Gregorio XIII litterarum dominicalium sedem mutavit, Nam ineunte anno 1582 lit-

tera dominicalis fuit G, sed demtis diebus decem post quartam diem octobris, littera dominicalis pro reliquo anno fuit C. Etenim anno 1582 pro die 5 octobris diem 15 numerari decrevit summus Pontifex, ut nempe aequinoctium ad eam reiiceretur diem, in quam incidebat tempore concilii nicaeni. Iam vero eiusdem anni cyclus solaris fuit 23, ac proinde G fuit littera dominicalis (*ex dem.*). Quare septima dies octobris, in qua occurrit littera G, debuit esse dominica, ideoque dies 4 octobris, cui respondet littera D, fuit dies iovis, dies 15, cui respondet littera A, fuit dies veneris, ac proinde littera C, quae diei 15 respondet, dominicam diem indicabat. Quare littera dominicalis in calendario iuliano litterae dominicalis sedem in calendario gregoriano locorum quattuor intervallo praecedit; quum in primi calendarii forma littera A respondeat litterae D in calendario gregoriano. Praeterea in eodem calendario perpetuus non est litterarum dominicalium ordo. Nam quum annus 1600 fuerit bissextilis, communis autem fuerit annus 1700; litterarum dominicalium seriem anno 1700 turbari oportuit; idem ordo mutabitur quoque annis 1800, 1900, cet. in omnium denique saeculorum initio, si primus saeculi annus non sit bissextilis.

Inde autem facile colligitur, qua ratione in calendario gregoriano cycli solaris ta-

bula construi possit. In cyclo solari pro calendario iuliano loco litterae G substituatur littera C, quae nempe respondeat cyclo solari 23, atque ita facile comparabitur cycli solaris tabula in calendario gregoriano. At manifestum est, tabulam illam valere dumtaxat ab anno 1582 usque ad 1700. Etenim quum singulis quatter centesimis annis unicus dumtaxat annus centesimus sit bissextilis in calendario gregoriano, bissextiles autem sint anni singuli centesimi in anno iuliano, patet, annos 1700, 1800, 1900 non esse bissextiles, quales esse debent in calendario iuliano, ac proinde pervertitur litterarum dominicalium ordo. Superfluum iudicamus heic describere cycli solaris tabulas, quae passim reperiuntur, satis fuit explicasse principia, ex quibus intelligi et construi possunt. Ceterum litterae dominicales sine cyclorum ope facile inveniuntur hoc modo. Invenienda proponatur littera dominicalis ann. 1755. Disponantur litterae dominicales hoc ordine B, A, G, F, E, D, C, addantur 55 numero 13, ob 13 annos bissextiles, qui ab anno 1701 usque ad 1755 interfluxere *exclusive*, hoc est, non numerato anno 1755, fiatque divisio per 7, residuum 5 exhibet litteram dominicalem E. Si autem annus sit bissextilis, iam litterae per residuum numerum datae iungenda est littera proxime sequens. Huius operationis ratio statim patet. Etenim

ann. 1701 littera dominicalis fuit B. Si anni singuli unicam haberent litteram, diviso per 7 annorum numero, qui ab anno 1700 elapsi sunt, quotus hanc litteram indicaret. Verum annus quilibet bissextilis facit, ut annus sequens litterae unius intervallo regrediatur. E. g. annus 1705 loco litterae dominicalis E habuit D. Igitur duo anni bissextiles efficiunt, ut annus duarum litterarum intervallo retrahatur, ideoque septem anni bissextiles efficiunt, ut toto septem litterarum intervallo regressus fiat; hoc est, litterarum ordo rursus incipit. En totam huius operationis rationem, ex qua etiam facile intelligitur, ultimam litteram C fore dominicalem, si divisione facta, nullum supersit residuum.

IV. In calendario gregoriano *epactarum* ope definiuntur novilunia et plenilunia, paschatis festum, et quae ex eo pendent festa mobilia. *Epactam* appellant chronologi mensis solaris et mensis lunaris synodici differentiam, vel etiam differentiam anni solaris et anni lunaris synodici, aut etiam plurium utcumque mensium aut annorum solarium itidemque lunarium numero aequalium differentiam. Igitur epactae vel sunt *annuae* vel *menstruae*, prout nempe sunt annorum vel mensium solarium et lunarium differentiae. Itaque quum annus iulianus sit 365 dier. 6 hor. annus autem lunaris sit 354 dier. 8 hor. 48′

38″ ; epacta annua est 10 dier. 21 hor. 11 22″ hoc est, dierum circiter 11, ideoque duorum annorum epacta est dier. 22, annorum trium epacta est dier. 33 vel potius dierum 3, quum 30 dies constituant mensem *embolismicum* sive *intercalarem*. Simili ratione epacta annorum 4 erit dierum 14, et ita deinceps, ac proinde epacta anno quolibet decimonono erit 30 vel 0. Quare vicesima epacta erit 11, ac proinde epactarum cyclus cum numero aureo, seu epactarum cyclo annorum 19 desinit, et cum eodem rursus incipit.

Praeterea quum menses lunares post singulos 19 annos iidem redeant, hoc est, desinente hac periodo iisdem diebus recurrant, ita differentia inter annum solarem et lunarem post annos 19 eadem redit. Quia vero anno lunari haec addenda est differentia, ut cum anno solari concilietur, sive ut anno solari aequalis fiat; differentiae illae, qüae ad singulos cycli lunaris annos respective pertinent, *epactae annuae* vel simpliciter *epactae* appellantur. Quare epactae nomen in usu vulgari significat numerum anno lunari addendum, ut cum solari congruat. Ex hac mutua cycli lunaris et cycli epactarum connexione pendet regula, quae ad inveniendam epactam dato cuilibet cycli lunaris anno convenientem adhiberi solet. Multiplicetur nempe datus cycli lunaris annus per numerum

11, si productum sit minus quam 30, pre epacta quaesita haberi debet; si autem maius sit, hoc dividatur per 30; facta divisione, quod residuum est, erit epacta quaesita. Porro ex his praeceptis evidens est, epactam inventam esse *iulianam*. Qua ratione inveniri possit epacta *gregoriana*, mox praescribemus. Interim patet, epactae ope pro quolibet anno dato inveniri posse novilunii dies. Anni dati epacta mensis numero addatur, sumto initio a mense martio *inclusive*. Si summa minor fuerit quam 30, haec ex 30 subtrahatur; si maior, haec auferatur ex 60, quod remanet, novilunii diem indicabit. Si pro mensibus ianuario et martio quaeratur novilunium, tunc epactae nihil addi debet in utroque casu. At si pro mensibus februario et aprili inveniendum sit novilunium, unitas addenda est. E. g. si invenienda proponatur mensis decembris dies, in quam incidit novilunium ann. 1711, cuius epacta erat 22; dies quaesita erit 28 decembris. Nam $22 + 10 = 32$, et $60 - 32 = 28$. Tota operationis ratio manifesta est. Nam quum epacta sit 22, aetas lunae prima die martii erit dierum 22, prima autem die aprilis erit dierum circiter 23, prima die maii dierum 24 cet. Quum enim epacta dierum 11 intervallo annuatim crescat, fingi potest, eam unius diei intervallo circiter per menses crescere a mense martio usque ad decembrem. Itaque pri-

ma die decembris lunae aetas erit dierum 32, hoc est, novilunium iam duobus ante diebus contigit. Quare ut pro mense decembri habeatur novilunii dies, ex numero 30 auferatur 2, vel ex 60 subtrahatur 32. Inventa autem novilunii die, aetas lunae pro quolibet die dato statim colligitur.

V. Epacta iuliana a gregoriana distingui debet. In eo nempe sita est epactae utriusque differentia, quod annus iulianus dierum undecim intervallo tardius incipiat quam gregorianus. Quare inventa epacta iuliana, ab ea, si necesse sit, 30 diebus aucta subtrahatur numerus 11, habebitur epacta gregoriana. Ita anno 1712 epacta gregoriana est 22, et novilunia huius anni mense quolibet undecim diebus tardius quam in anno iuliano contingent, ut oportet. Felici autem casu accidit, ut numerus dierum in anno gregoriano differat ab anno iuliano eadem ipsa differentia, qua annus solaris superat annum lunarem. Ita autem fit, ut epacta gregoriana pro dato quolibet anno conveniat cum epacta iuliana anni praecedentis. Porro quia cyclus 19 annorum die una integra spatio annorum 312 novilunia antevertit, ita etiam epactarum cyclus idem non semper obtinet, nempe in hoc casu unitate mulctari debeat epactae methodo praecedenti inventae. Igitur accurata non est epacta, quam calendarium exhibet; nempe si epacta calendarii

fuerit 22, adhiberi debet epacta 21, quum novilunium non in diem 22, sed 21 incidat. Quare elapso hoc temporis intervallo mutantur epactae, atque ita deinceps post singulos 312 annos. Praeter hanc variationis causam aliam quoque ob rationem in calendario gregoriano epactarum cyclum mutari necesssum est. Nam ex quattuor annis *saecularibus* tres non sunt bissextiles ita, ut his annis novilunia non incidant in diem, quam calendarium indicat, sed in diem sequentem. Ita si 10 die martii e. g. contingere debeat novilunium, ponendo annum una die auctum, novilunium illud incidet dumtaxat in diem 11, si annus non augeatur. Hinc pro his casibus aliae duae fuerunt compositae epactarum tabulae, quae apud omnes calendarii scriptores reperiuntur. Tabularum rationem atque artificium exposuisse satis sit.

VI. Ex his, quae hactenus de calendario iuliano et gregoriano explicavimus, intelligitur calendarii utriusque differentia. Calendarium gregorianum differt a iuliano tum quod ad ipsam anni formam, tum quod ad epactas numero aureo substitutas, quarum usus et dispositio in calendario gregoriano longe aliter se habent. Calendarium iulianum erroribus plurimis obnoxium esse patet. Etenim in hoc calendario aequinoctium vernale fixum ponitur diei 21 martii, atque cyclo 19 annorum, vel numeris aureis novilu-

nia et plenilunia constanter indicari fingitur. Vtrumque autem a vero longe aberrat, ut in paschatis celebratione crassiores errores inducit. Quod ut demonstremus, hanc calendarii formam ad annum 1715 transferamus. Æquinoctium vernale in calendario iuliano hoc est, *stilo veteri*, ut dicunt, in diem 10 martii incidebat, *stilo* autem *novo*, nempe in calendario gregoriano, in diem 21 eiusdem mensis cadebat. Plenilunium verum post aequinoctium cadebat in diem 7 aprilis, ac proinde trium dierum differentia tardius, pro ratione cycli lunaris vel numeri aurei, qui plenilunium paschale diei 10 aprilis consignabat. At quum dies 10 aprilis in diem dominicam incidat, paschatis festum secundum calendarii ecclesiastici leges ad diem 17 transferri debet. Quare pascha die 10 aprilis celebrandum, in diem 17 caderet. Hic error, qui in *postpositione* plenilunii positus est, ex cycli lunaris vitio originem habet. Successu temporis ita creverant calendarii errores, ut paschatis celebratio nullis iam certis legibus subiici posset. Qua de causa factum est, ut anno 1582 (quod antea dictum est), Gregorius XIII ex mense octobri decem dies expunxerit, et aequinoctium proprio loco, diei scilicet 21 martii restituerit. Iussit summus Pontifex, novilunia et plenilunia non aureis numeris, sed epactarum ope definienda esse. Totam huius reformationis

artem explicavimus. Verum quamvis calendarium gregorianum iuliano longe sit anteponendum, non tamen ab omni errore immune est. Etenim non obstante gregoriana *intercalatione*, aequinoctium post vel ante 21 martii contingere potest: die 23 martii aliquando contingit: cadit aliquando in 19, atque in hoc casu plenilunium, quod die 20 martii accideret, est verum plenilunium paschale, nec tamen ut tale habetur in calendario gregoriano. Praeterea in eodem calendario tamquam luna *paschalis* habetur plenilunium, quod die 22 martii contingit. Illud tamen paschale non est, si ante aequinoctium contingit, ac proinde in utroque casu error committitur. Tandem ex epactarum constructione patet, fieri posse, ut novilunia, quae epactarum ope inveniuntur, novilunia vera horis quibusdam praecedant vel subsequantur. Ac proinde in hoc casu plenilunium paschale in diem sabbati potest incidere, quamvis diei dominicae in epactarum tabulis consignetur. Et vice versa plenilunium, quod in diem dominicam cadit, diei sabbati epacta consignaret. Quare in primo casu octo dierum intervallo tardius pascha celebratur; in casu autem altero celebratur in ipso plenilunii die cum ipsis iudaeis. Erroris exempla adferre non abs re erit. Anno 1724 pleniluninm verum paschale contigit die sabbati 8 die aprilis, horis 4, mi-

nutis primis 21 post meridiem, atque aequinoctium die 20 martii contigerat. At inito per epactas calculo, plenilunium paschale invenitur die 9 aprilis, quae erat dies dominica. Quare ex calendarii lege festum paschatis in diem 16 aprilis incidit, die tamen 9 re vera celebrandum. Idem contigit an. 1744, quo paschatis festum 8 diebus, quam pro veritate astronomica, tardius celebratum est. Nam plenilunium paschale contigit die sabbati 28 martii, ac proinde die dominica sequenti celebrandum erat paschatis festum; quum tamen ex calculo epactarum die 29, quae erat dominica, plenilunium contigerit, ideoque paschatis celebratio ad diem 5 aprilis erat removenda. Idem continget annis 1778, 1798, aliisque deinde annis plurimis. Itaque licet novilunia et plenilunia epactarum ope in calendario gregoriano multo accuratius quam in iuliano definiantur; fieri tamen nequaquam potest, ut in eumdem diem cum astronomicis pleniluniis et noviluniis accurate semper coincidant.

VII. Heic data occasione paucis verbis observare non abs re erit, quid coniunctionis habeat legitima paschatis celebratio cum sacra theologia. In paschatis celebratione primis duobus ecclesiae saeculis diversa fuit disciplina. Asianae ecclesiae servantes traditionem, quam a S. Iohanne evangelista se hausisse praedicabant, pascha cum iudaeis cele-

brarunt luna 14. Aliae autem ecclesiae traditioni a S. Marco acceptae inhaerentes, paschatis celebrationem protraxerunt usque ad dominicam post lunam 14. Haec disciplinae varietas perduravit ad medium usque secundum saeculum, quo S. Pii Papae auctoritate in eamdem cum latinis disciplinam convenerunt asiani. Haec celebrandi paschatis consuetudo a summo Pontifice praescripta conciliorum decretis, et praesertim concilii nicaeni definitione fuit confirmata, statutumque est; *pascha celebrandum esse prima dominica post lunam 14 primi mensis ita, ut tamen, luna 14 in diem dominicam incidente, paschatis celebratio ad dominicam proxime sequentem transferri debeat.* Ex concilii nicaeni decreto intelligitur, ad legitimam paschatis diem definiendam quattuor esse necessaria. I.° Nota sit oportet anni solaris dies, quo sol primum arietis gradum ingreditur. II.° Nota quoque esse debet dies novilunii, cuius luna 14 vel in diem aequinoctii vernalis incidat, vel proxime post ipsum aequinoctium vernum. III.° Cognita sit oportet luna illa 14. IV.° Tandem notum esse debet, in quam mensis diem incidat dominica, quae lunam 14 primi mensis proxime sequitur. Haec quidem omnia, quod ad usum ecclesiasticum, satis accurate praestat explicata calendarii doctrina; non tamen ea diligentia, quae concilii nicaeni decretis ad-

amussim respondere possit ita, ut nostri paschatis dies cum iudaeorum paschate numquam concurrat.

Immerito tamen ecclesiam quis reprehenderet, quasi in paschatis celebratione cum *quartodecimanis* errare possit. Quod quidem obiiciunt aliqui, nec quaestionis theologicae nec calendarii doctrinae satis periti. Qui summorum Pontificum et concilii nicaeni decretis pertinaciter obstiterunt, tamquam haeretici damnati fuere, quibus ab haeresi sua haesit *quartodecimanorum* nomen. In hac celeberrima de paschatis celebratione controversia distingui debent partes duae, quarum una spectat ad disciplinam, altera vero ad dogma pertinet. Disciplina posita est in mero paschatis celebrandi ritu, qui quidem ritus libere usurpari potuit, antequam ecclesiae praeceptum accederet. Theologis notissimae sunt litterae, quibus S. Irenaeus Victorem summum Pontificem hortatur, ut maiorum suorum exemplo asianorum consuetudini ac disciplinae indulgeat. Quaestionis pars alia cum dogmate coniuncta in eo consistit, quod *quartodecimani* non solum pascha celebraverint luna 14, sed etiam paschatis tali die celebrandi praeceptum atque necessitatem imposuerint, et ita ritus mosaicos revocare tentaverint, quod haereticum omnino est. Ex his autem manifestum est, primam quaestionis partem, quae mera est consuetudo atque

disciplina, ex ecclesiae institutione pendere, ideoque nullius erroris reprehendi posse ecclesiam, etiamsi pascha cum iudaeis celebrari aliquando contigerit. Et re quidem ipsa talis astronomicus error nullo declinari potest calendario perpetuo, nisi ad astronomiae severitatem sit compositum, quod in usu vulgari non satis commodum foret atque expeditum. Quae quum ita sint, in paschatis festorumque omnium celebratione ecclesiae disciplina religiose tenenda est, *resurrectionis* Christi Domini memoria sancte recolenda, atque ita vivendum nobis est et moriendum, ut tandem in vitam aeternam resurgamus.

APPENDIX.

De quibusdam capitis praecedentis utilitatibus.

Praecedentis doctrinae utilitatem in definienda aera christiana epocharum omnium longe nobilissima, primum demonstravimus. Quamvis aerae christianae initium certo figere non audeant accuratiores chronologi; aerae tamen dionysianae seu vulgaris errorem facile ostendunt. Tota quaestionis huius difficultas ex triplici capite oritur. 1.° Ex morte Herodis, quo adhuc vivente Christus Dominus natus est: *in diebus Herodis regis*, Matth.

cap. II. II°. Ex imperii Augusti initio, cuius imperii anno 42 Christus natus creditur: *anno* autem 15 *imperii Tiberii Caesaris*, Luc. *cap. III.* III°. Tandem ex censu populi romani facto sub Cyrino praeside Syriae, *cap. II.* Lucae. De his tribus varia est chronologorum opinio. Nonnulli mortem Herodis consignant anno ab Vrbe condita 754, alii autem nonnullis ante annis. Aliqui regnum Augusti auspicantur a morte Caesaris; alii a primo illius consulatu. Aliqui initium imperii Tiberii sumunt a morte Augusti, alii biennio ante, quum tunc temporis collega Augusti iam fuerit. Denique quum plures sub hoc Principe facti fuerint populi romani census, annum, quo contigit descriptio memorata a S. Luca, haud facile est definire. Quaestionis difficultatem augent adhibitae a SS. PP. epochae. Ii enim a Salvatoris nostri natali annos numerare non consueverant, sed primis ecclesiae temporibus aliae usurpabantur epochae, vel *aera actiaca*, *diocletiana*, *ab Vrbe condita*, *fastorum consularium*, et aliae etiam pro varia populorum, apud quos SS. PP. degebant, consuetudine. Sed quidquid sit de illa quaestione, cuius tractatio ad chronologos proprio iure pertinet; certum est, eam magna periodorum et cyclorum varietate esse implicatam, et ab iis tantum intelligi posse, qui harum rerum doctrina probe sunt imbuti. Diligenter autem obser-

vandum est, in chronologicis controversiis obscuritatem maximam persaepe oriri ex ipsa periodorum hypothesi non satis accurate definita. Ita si scriptor aliquis coëtaneus certo periodi iulianae vel alterius periodi anno factum aliquod consignaverit, eiusdem facti aetas definita habebitur; dummodo tamen probe cognita sit scriptoris huius de usurpata periodo hypothesis. Quum enim periodi ad alias epochas referantur, certo constare debet epocharum illarum initium, quale scilicet adhibetur a scriptoribus, quorum auctoritate utimur. Quamvis ergo utilissimus sit periodi iulianae usus; quia tamen periodus illa fixum non habet initium, si ad epocham orbis conditi vel aeram christianam referatur; hinc patet, periodi huius ope non satis certo alicuius facti tempus indicari, nisi auctor suam de periodi initio sententiam declaraverit, aut facto aliquo indubitato illustraverit. Rem praesentis quaestionis exemplo explicabimus. Refert Iosephus *in antiquitatibus iudaicis*: *vita defunctum esse Herodem post detrusum regno Antigonum anno 34, ex quo a romanis rex declaratus est, 37; regium autem fastigium adeptus est olympiade 184*. Porro quum ad Herodis mortem circiter referri possit christianae aerae initium, Iosephi auctoritate merito utuntur chronologi, dummodo tamen olympiadis annum certo definiant. Etenim anni

olympiadum ex orbis conditi epocha, atque ex aera christiana pendent, ac proinde chronologi ponunt, quod est in quaestione. Quaerendum igitur est factum aliud, quod olympiadum annus certius determinetur, quo definito iam olympiadum epocha uti licebit tamquam puncto fixo, ad quod revocari poterunt facta alia a Iosepho narrata. In hunc usum adhiberi poterit eclipsis lunae, quam contigisse, refert Iosephus, eadem nocte, qua Herodis aegrotantis iussu Mathias populi seductor occisus est, et post quam Herodes brevem aegramque vitam traxisse legitur. Contigit autem eclipsis illa ex tabulis astronomicis anno iuliano 42, die 13 martii, tribus horis ante ortum solis. Si eclipsim hanc aliquo olympiadum anno notasset Iosephus, de anno, quo mortuus est Herodes, nullum iam foret dubium, ac proinde et certo figi posset aera christiana, quum ex chronologorum omnium consensu certissimum sit, Herodem paullo post Christum natum obiisse. Ceterum ex dictis probabilissimum et historica demonstratione fere indubitatum est, aeram christianam in anno iuliano 41 vel 42 collocandam esse. Quare aera vulgaris, quae nativitatem Christi consignat anno iuliano 45, tardior est annorum 3 vel 4 intervallo.

Alia est in rebus chronologicis frequentissima ambiguitatis causa ex diverso apud veteres scriptores anni initio repetenda. An-

ni initium sumebant aliqui a mense martio, alii a mense ianuario, nonnulli a mense decembri, et quidem etiam a variis eorûmdem mensium diebus: a paschatis festo annum auspicabantur plurimi. Ex hac varietate chronologicas lites plurimas oriri necessum est, nisi probe cognita fuerit anni forma. Sed aliae sunt multo graviores in annorum forma difficultates; anni nomine designari aliquando consuevit apud veteres planetae cuiuscumque in coelo revolutio, ut testantur Diodorus siculus, Plinius, Plutarchus aliique non pauci remotissimae antiquitatis scriptores. Teste Suida annus ex duobus, tribus, quattuor, sex, duodecim mensibus constabat, aliquando autem una die. Ex hac annorum varietate patet, contrahendam esse remotissimam, quam nonnulli populi iactant, antiquitatem. Et quidem scripturae sacrae repugnat omnino, quod de sua antiquitate fabulantur babyloniorum, aegyptiorum et sinensium annales. Ac proinde tamquam fabulosa haberi debent tempora illa, vel annorum contractione ad sacram chronologiam reducenda. Re quidem vera in ipsa etiam sacrae scripturae chronologia non desunt varietates aliquae. Sed praeterquam quod demonstrari non potest, hanc, quod ad chronologiam, sacrorum textuum diversitatem nulla ratione conciliari posse; iactata quorumdam populorum antiquitas a sacra chronologia longissime differt. Textus hebraeus

quatter mille annos circiter a creatione mundi usque ad Christum numerat; textus samaritanus paullo maius temporis intervallum tribuit; sed versio 70 interpretum ad sex mille annos circiter idem intervallum protrahit. En totam textuum differentiam. At referunt chaldaeorum annales, iam a quadringentis mille et amplius annis chaldaeos astronomiae operam dedisse, dum Alexander in Asiam transiit. Eadem antiquitate gloriantur babyloniorum et sinensium fasti. Quae quidem enormis temporum varietas a scriptura sacra, ideoque a veritate immensum aberrat, nisi contracta annorum forma utamur. Hanc annorum reductionem exemplo aliquo tentabimus. Narrat Alexander Polyhistor ex fide Berosi, servata fuisse Babylone iam ab annis 150000 antiquissimorum temporum documenta. Crassioris anachronismi reus facile convincitur Berosus, si animadvertamus, a Nabonassaro, qui 410 vel 411 annis ante Alexandrum vixit, destructa fuisse historica omnia monumenta. At si annos illos 150000 in dies contrahamus, invenientur anni 410, menses 8, dies 3, quod quidem cum Nabonassari temporibus apprime convenit. Sed de his intricatissimis rebus disputare nostrum non est. Satis erit observare, adversus scripturae sacrae auctoritatem a perversissimis viris summa impietate obiici chronologiae sacrae varietatem. Chronologicae enim quaestiones

ad fidem et bonos mores non pertinent, atque in rebus levioris momenti amanuensium incuria errorem aliquem in scripturam sacram potuisse obrepere, consentiunt theologi omnes. Tandem, ut iam monuimus, demonstratum non est, iniri non posse concordiam inter variorum textuum chronologiam, licet hactenus ignotam fateamur ineundae huius concordiae rationem. Heic autem data occasione silentio praetermittere non licet celebratissimum Newtoni systema chronologicum. Quingentis circiter annis mundum recentiorem esse quam a chronologis creditur, opinatus est Newtonus asttonomica potissimum ratione innixus. Notum est ex astronomia, puncta aequinoctialia annorum 72 intervallo uniformi fere motu retrogrado 1° incedere. Ex Sancto Clemente alexandrino, Chiron, qui unus fuit ex celebratissimis viatoribus *argonautis*, aequinoctium vernum gradui 15° arietis adligavit, ac proinde solstitium aestivum in gradu cancri 15° contigit. Anno ante bellum peloponesiacum solstitium aestivum fixit Meto in gradu 8° cancri. Quare quum gradus unus annis 72 respondeat, septies septuaginta duo anni numerari debent ab argonautarum expeditione usque ad initium belli peloponesiaci, hoc est, interfluxere anni 504 non autem 700, ut graeci scriptores referunt. Hinc concludit Newtonus, argonautarum expeditionem anno 909 ante Christum esse ad-

figendam, non autem anno 400, ut vulgo creditur, ac proinde annis circiter 500 mundus iunior foret. Huic astronomicae rationi aliam adiungit Newtonus ex generationum aestimatione deductam. AEgyptii a Menete usque ad Sethonem numerabant generationes 341, et tres generationes spatio annorum 100 aestimabant. Graeci autem generationes singulas ad annos 40 revocabant. AEgyptios graecosque erroris reprehendit Newtonus. Verum quidem est, tres generationes ad annos 120 vulgo reduci posse, sed generationes sunt principum imperio diuturniores. Evidens enim est, si rem generatim consideremus, homines vivere diutius, quam reges regnare. Quae quum ita sint, Newtonus regum imperia constituit annorum circiter 20, hancque iustam aestimationem comprobat descripta longa regum serie. Hoc duplex est, quod adhibet Newtonus probationis genus. Chronologiam hanc, licet excellentis ingenii virum demonstret, impugnarunt homines eruditissimi. De argumentorum vi et pondere nostrum nôn est iudicare, atque in obscurissima factorum temporumque senectute, in tanta opinionum varietate, in densissimis rerum antiquissimarum tenebris nullum inveniri potest chronologicum systema, quod non oppugnetur facilius, quam probetur.

SECTIO IV.

De geographia.

G*eographiae* nomine intelligitur *telluris descriptio*, ex qua definitione statim nascuntur diversae geographiae partes. Primo enim considerandam sese offert terrestris globi superficies. Hanc autem contemplari possumus veluti divisam in varias regiones, quae regum imperia principumque ditiones constituunt atque determinant. Haec geographiae pars mere historica est, et ad physicam non pertinet; hanc tamen ignorare turpe est viro, cui vel mediocriter excultum est ingenium. Geographia physica, quam solam heic tractamus, diverso plane modo telluris superficiem considerat. Diversas nempe investigat terrestris superficiei adfectiones, quae ex solis positione pendent, et deinde praecipuas corporum species in ipsa telluris superficie positas expendit: ad telluris viscera descendens, intestinos rimatur variorum corpusculorum motus, ex telluris gremio tandem supra superficiem alte adsurgens meteora observat, illorumque causam explicat. Temporis brevitate sollicitatus tantam rerum copiam duobus capitibus contraham. Quod autem dec-

rit, in aliis libris plurimis passim invenient, qui hanc faciliorem physices partem maiori studio persequi voluerint.

CAPVT I.

De superficie terrestri praecipuisque in ea considerandis corporum speciebus.

ARTICVLVS I.

De superficiei terrestris divisione illiusque variis respectu solis adfectionibus.

I.

Vniversam telluris superficiem per *climata* distinguunt geographi. *Clima* appellant superficiei terrestris portionem, vel *zonam* duobus circulis aequatori parallelis comprehensam. Talis autem adhiberi solet huius zonae latitudo, ut longior dies in parallelo, qui polo proximior est, data quadam quantitate, e. g. semihora longiorem diem excedat in parallelo, qui proximior est aequatori. Itaque climata numerantur ab aequatore ad polos, et inter se non differunt, nisi quod in climate proximo dies aestiva longior, semihorae unius tempore longior sit vel brevior quam in climate altero. Primi climatis intervallum statuitur 8° 30′, ultimum autem 3′ non excedit. Huius autem inaequa-

litatis ratio facile intelligetur, si varias explicaverim sphaerae terrestris positiones

Triplex est sphaerae positio, *recta* scilicet, *obliqua* et *parallela*. Angulum, quem aequator et horizon comprehendunt, metitur arcus, qui est complementum latitudinis ad quadrantem [*ex dem. cap. I. astronom. art. I. num. IV.*]. Quare si angulus ille rectus sit, latitudo erit nulla, et aequator per verticem incedet, omnesque aequatoris paralleli erunt ad horizontem recti, ideoque haec sphaerae positio *recta* dicitur, in qua paralleli omnes ab horizonte in partes aequales secantur. Itaque mora cuiusvis sideris supra horizontem aequalis est tempori, quo infra eumdem deprimitur, et dies noctibus perpetuo sunt aequales. Si ab aequatore versus alterutrum polum recedamus, aequator quoque recedet a vertice, et ad horizontem accedet, cum illo faciens angulum obliquum. Quare illa sphaerae positio dicitur *obliqua*, polusque superior supra horizontem tantum attollitur, quanta est latitudo loci; alter autem polus tantumdem infra horizontem deprimitur. Hinc patet, aequatoris parallelos non secari bifariam ab horizonte; sed paralleli, qui sunt versus polum superiorem, maiorem habent partem supra horizontem, minorem vero infra: et quo propior est polo circulus quilibet, eo maior eius pars supra horizontem eminebit, circuli autem, qui mi-

ius a polo distant, quam est latitudo loci, supra horizontem toti attolluntur. Contrarium accidit in circulis parallelis versus polum inferiorem positis, quorum portiones maiores infra horizontem iacent, minores supra attolluntur. Si autem circuli sint polo propiores, quam sit latitudo loci; perpetuo una cum stellis, quae in iisdem circulis includuntur, sub horizonte latent, et numquam fiunt conspicui. Itaque quum sol parallelum aliquem quotidie percurrat; necesse est, ut ab aequinoctio verno ad solstitium aestivum dies continuo incremento noctes excedant, post solstitium decrescant ad aequinoctium autumnale, deinde ad solstitium hiemale dies noctibus continuo breviores fiant; deinde a solstitio hiberno ad aequinoctium vernum, dies adhuc sunt noctibus breviores, sed rursus continuo augentur, donec in ipso aequinoctio fiant tandem noctibus aequales. Si aequator nullum angulum cum horizonte efficiat, sed cum illo coincidat, in tali positione polus quoque cum zenith congruet, et aequatoris paralleli omnes erunt horizonti paralleli, atque ideo talis sphaerae positio *parallela* dicitur, in qua nullae fixae oriuntur aut occidunt; sed in circulis horizonti parallelis perpetuos gyros ducunt. Sed etiam quum ad aequinoctialem pervenerit, horizontem lambit: exinde versus polum superiorem digrediens nusquam occidit, sed diem facit

longissimum sex mensium. At ubi ab aequatore recesserit sol versus oppositum polum: e contrario numquam oritur, noxque illis fit per alios sex menses. Talem sphaerae positionem obtinent, qui sub polis degunt, si qui forte sint, qui has incolant regiones. Sphaera recta fruuntur, qui sunt sub aequatore. Tandem, qui terras inter polum et aequatorem incolunt, hi habent sphaeram obliquam. Haec omnia nihil continent difficultatis, et ex elementis astronomiae antea explicatis statim intelliguntur. Attamen diversas sphaerae positiones in vulgari globo terrestri tironum oculis demonstrare debet physices magister.

His de triplici sphaerae positione praemissis, iam climatum inaequalitatem licet intelligere. Haec scilicet inaequalitas pendet ex positione sphaerae. Concipiatur in sphaera recta, dimidium tropicum cancri, qui est supra horizontem, divisum esse in 48 partes aequales, quae singulae aequales sunt 3° 45′. Hae autem aequivalent horae unius quadranti. Praeterea consideremus duas ex illis partibus horizonti proximiores, quarum una sit ad orientem posita, ad occidentem altera; duae autem simul sumtae intervallum semihorae efficiunt, et climatis unius intervallum respondent. His positis evidens est, climatum inaequalitatem pendere ex maiori vel minori sectionis tropici et horizontis obliquitate, pro-

diversa scilicet poli altitudine; qua fit, ut horizonte minus oblique tropicum secante versus partes aequales 3° 45′ ad orientem et occidentem prope horizontem positas, maior inde oriatur altitudinum poli differentia, quam ubi horizon magis oblique tropicum secat in iisdem punctis 3° 45′. Quare quum differentia illa altitudinis poli, quae dimidiae horae in primis climatibus respondet, maior sit versus aequatorem quam versus circulos polares, ubi posita sunt ultima climata; hinc oritur intervallorum inaequalitas, quae multo maiora sunt versus aequatorem, quam versus polos.

II. Quoniam climata ab aequatore, initium sumunt, primum clima, ubi incipit, longiorem habet diem horarum 12; ubi autem desinit, longiorem habet diem hor. 12 cum dimidia, et ita deinceps per dimidias horas progrediuntur alia climata, usque ad circulum polarem, in quo desinunt *horarum climata*, incipiuntque *climata mensium*, ut vocant geographi. Quemadmodum climata horarum sunt spatia, duobus circulis aequatori parallelis comprehensa, in quibus longiorum dierum differentia est dimidiae horae, ita etiam climata mensium dicuntur spatia duobus circulis polari circulo parallelis comprehensa ultra hunc circulum posita, et in quibus longior dies versus initium integro mense superat diem longiorem versus finem.

Quamvis autem diversa utcumque climata fingere liceat, universam tamen telluris superficiem in quinque zonas distribuunt geographi. Nempe quattuor circuli minoris in superficie telluris, qui coelestibus eiusdem nominis circulis respondent, duo scilicet tropici, et totidem polares terram dividunt in quinque portiones seu zonas, quarum una utroque tropico comprehensa vocatur *torrida*, inhabitabilis a veteribus credita ob nimium caloris aestum; regiones tamen, quae in hac zona continentur, nunc longe feracissimas esse, vitae commodis incolisque abundare compertum est. Duae sunt zonae frigidae sub utroque mundi polo arctico et antarctico circulis polaribus inclusae, et ob gelu perpetuum vix habitabiles. Totidem sunt zonae temperatae inter frigidas et *torridam* comprehensae. Zonarum illarum incolae ratione meridianorum et parallelorum comparati dicuntur *periaeci*, qui sub eodem parallelo, at oppositis eiusdem meridiani semicirculis degunt, hi quidem tempestates anni easdem experiuntur, accedente sole eodem tempore ad utriusque loci verticem, et exinde recedente; meridiei et mediae noctis vices alternas subeunt. Alii incolae dicuntur *antaeci* sub eodem meridiani semicirculo, at oppositis parallelis habitantes; his meridies, et media nox simul contingunt, sed tempestates anni permutantur. Alii enim dicuntur *antipodes*, qui

sub oppositis meridianis aeque ac parallelis versantes adversis e diametro pedibus incedunt, ideoque vicissitudines aestatis atque hiemis, nec non meridiei et mediae noctis ortus et occasus siderum omnino adversos sentiunt. Praeter haec omnia, qui in zona torrida degunt, dicuntur *amphiscii*, eo quod eorum umbra meridiana versus utrumque polum diversis anni temporibus proiiciatur; at dum sol ipsorum verticibus incumbit, fiunt *ascii*, quia nullam proiiciunt umbram meridianam. Qui zonas temperatas incolunt, dicuntur *hetroscii*, quorum umbra meridiana versus alterutrum dumtaxat mundi polum proiicitur. Qui in zonis frigidis sunt incolae, *periscii* vocantur, eo quod sole non occidente, umbra illis in orbem circumagatur.

III. In unaquaque harum zonarum calor et frigus certas et constantes habet vicissitudines, quae a motu solis in declinationem, aut quod eodem redit, ex diversa solis altitudine supra horizontem trahunt originem. Nam frigus nunc mitescit in zona aliqua, quando sol ad zonam illam accedit. Contra calor paullatim minuitur, prout sol ab ea recedit versus plagam oppositam. Inde fit, ut dum zona una calorem experitur, opposita frigus sentiat; et vicissim dum una frigore premitur, opposita calorem experiatur. Ad has vicissitudines explicandas tres potis-

simae considerari debent causae, nempe maior vel minor radiorum solarium obliquitas: maior vel minor radiorum quantitas ab atmosphaerae particulis intercepta: tandem maior vel minor dierum longitudo.

IV. Vt a prima causa ordiamur, in memoriam revocandum est, quod de fluidorum percussione iam antea demonstravimus. Idem enim valere potest ad aestimandam radiorum solarium actionem in superficiem telluris. Itaque quum fluidorum percuſsio crescat vel decrescat, ut crescit vel decrescit quadratum sinus anguli incidentiae; hinc colligitur, virtutem radiorum solarium cum quadam obliquitate in terram incidentium esse ad virtutem radiorum incidentium cum alia obliquitate, ut quadratum sinus prioris inclinationis ad quadratum sinus inclinationis posterioris. Iam vero quum altitudines solis meridianae in solstitiis aestivo et hiberno sint, ut 3 ad 1 proxime, erit calor hac causa productus in utroque casu, ceteris paribus, ut 9 ad 1. Hinc etiam pro diversa solis altitudine supra horizontem, caloris gradum ex hac causa oriundum aestimare licet. At sole sûpra horizontem nascente, calor vix sentitur ob sinum incidentiae nullum. Inde tamen immerito totam caloris summam ad calculum revocare conati sunt aliqui; totum scilicet tempus, quo sol radiis suis terram calefacit, adhibent tamquam basim, ad

quam perpendiculares fingunt ordinatas, quae sint ut quadrata sinuum inclinationis: per aream curvae ordinatis illis comprehensae caloris summam dato quolibet tempore exhiberi aiunt. At ficticia omnino est talis curva. Etenim huius calculi auctores fingunt, permanentes caloris gradus sibi perpetuo addi et eosdem conservari, ac proinde die desinente, vehementior ferveret calor, quod est contra experientiam. Et quidem notum est, calorem corpori alicui impressum per aliquod tempus tantum servari. Ita fervente etiam aestate calor labente sole languescit et sub vesperam maxime debilitatur. At ignotum omnino est, a quibus legibus calor crescat atque decrescat, ac proinde talis curvae natura nulla lege definiri potest. Alia est maioris vel minoris caloris causa, maior nempe vel minor quantitas radiorum, quos atmosphaera intercipit. Ille autem radiorum interceptorum numerus pendet maxime ex ipsa radiorum obliquitate. Ita radii solis tempore hiberno atmosphaeram nostram magis oblique traiiciunt, quam tempore aestivo, ideoque in aëre nostro crassiori maius occupant spatium. Hinc fit, ut radiorum illorum pars maior intercipiatur, in solidas atmosphaerae particulas maiori numero incurrens, pars alia diversis refractionibus torqueatur ac debilitetur.

Tertia tandem superest causa, quae est maior vel minor dierum noctiumque longitu-

do. Quo longior enim est dies et brevior nox, caloris actio maior sit oportet. Vicissim quo brevior est dies et nox longior, frigus erit maius ut patet. Quum enim calor oriatur ex virtute radiorum solarium, qui agunt indesinenter, atque singulis, ut ita dicam, temporis articulis aliquid caloris addunt, quo dies longior est et nox brevior, aestus eo maior erit, et contra. Et certe corpus durum atque compactum eo maiorem concipit caloris gradum, quo vehementiori atque diuturniori ignis actioni subiicitur. Quare quum tellus nostra tempore aestivo per 16 horas circiter radiis solaribus incalescat, tempore autem hiberno per octo horas dumtaxat sol luceat; hinc patet, potentissimam esse tertiam hanc caloris causam. Huic eidem causae tribuendum est, quod elapso post solstitium aestivum mense uno circiter, maior sentiatur caloris vis, quam in ipso solstitio. Etenim quamvis in die solstitii aestivi, ubi longior est solis mora supra horizontem, caloris gradus aeque intensi non maneant, terram tamen nostram quasi perpetuo calefaciunt. Quamvis ergo pars aliqua caloris evanescat, si tamen decrescat minus, quam crescat calor per vices additus, id tandem fieri debet, ut calor per gradus augeatur satis diu post solstitium aestivum.

V. Praeter adductas caloris causas, tot sunt aliae variabiles causae, ut caloris et fri-

goris temperies ullis legibus vix subiici possint. Pendet enim maxime caloris gradus ex ipsa locorum conditione, nempe ex montium proximitate, ex soli natura, ex ventorum qualitate. Montes suam concavitatem soli obvertentes, speculi caustici instar, radios solares excipiunt et vi maxima in planitiem reflectunt. Quod spectat ad soli naturam, si lapidibus, saxis, arena, creta abundaverit, radios magna copia in aërem reflectit. At si pingue fuerit solum et nigricans, magnam radiorum partem absorbet, paucioresque reflectit. Ea de causa fit, ut per sola quaedam ambulantes, calorem maximum urentibus quasi pedibus sentiamus, temperatum autem vultu calorem experiamur; contra autem in aliis arenosis solis, vix calent pedes, dum vultum reflexorum radiorum vis vehementius incalescit. Tandem ad caloris frigorisque temperiem maxime confert ventorum natura. In montium verticibus perpetuo fere spirant venti', qui in planities deinde reflectuntur ita, ut ex longiori montium serie in certis regionibus pendeat aliquando aestatis hiemisque ratio. Vnum tandem superest observandum, quod maxime mirari solet imperitum vulgus, minorem esse solis a terrra distantiam tempore hiberno quam tempore aestivo, ut constat ex systemate planetario, atque etiam compertum est ex diametro solis apparenti, quae maior hieme quam aestate observatur. Itaque

patet, maiorem caloris gradum non ex maiori terrae solisque proximitate repetendum esse, quod persuasum habent plerique rerum physicarum rudes. Attamen in caloris effectu aestimando negligi omnino non debet solis a terra distantia. Quum enim calor proficiscatur a radiis solaribus, iique ita divergant, ut in duplicata ratione distantiarum a sole fiant rariores (*ex antea demonstratis*); evidens est, caloris gradum, ceteris paribns, esse in ratione reciproca duplicata distantiarum a sole. At caloris incrementum ex hac causa oriundum longe minus est, quam quod ex minori radiorum obliquitate oritur. Has generales caloris aestivi hibernique frigoris causas attigisse satis sit.

VI. Dierum inaequalitas diversaque solis altitudo supra horizontem varias constituunt anni tempestates. Dum sol versatur in tropico, qui polo opponitur, parum attollitur supra horizontem, et brevi tempote moratur. Quare solares radii sub maiori obliquitate tellurem feriunt et brevi temporis spatio, ideoque minorem adferunt caloris gradum, atque hinc *hiems*. Contra autem ubi sol versatur in tropico, qui ad poli partes positus est, sol maximam habet altitudinem: radios suos fere perpendiculariter emittit, et diutius supra horizontem moratur. Hinc potentior est, maioremque creat calorem, atque hinc *aestas*. Tandem in punctis aequinoctialibus medium

veluti statum sol obtinet, ideoque mediocres sunt actionis solaris effectus. Atque hinc aliae duae tempestates, *ver* et *autumnus*. Haec omnia et universa geographia ex demonstratis in astronomia facile patent. Quare nihil aliud superest, nisi ut de globo illiusque usu pauca addamus.

Locorum positionem in globo terrestri determinant geographi hoc artificio. AEquatorem dividunt in 360°, atque per singula divisionum puncta, et per utrumque polum ducunt meridianos. Vnam vero ex illis divisionibus prae ceteris adhibent, a qua divisiones alias omnes numerare placet. Meridianum autem, qui per hanc divisionem traducitur, *primum meridianum* vocant. Huius autem meridiani honos ex geographorum arbitrio pendet *. Porro si meridianus aliquis versus orientem gradu uno distat a primo meridiano, loca in hoc meridiano posita dicuntur habere *gradum unum longitudinis*, et ita deinceps de aliis meridianis. Iam diviso primo meridiano vel alio quolibet in 90° ab aequatore ad polos, per singula divisionum puncta geographi traducunt circu-

* *Inter geographos fere convenit hunc honorem deferre meridiano transeunti per insulam* Ferri *inter canarias alteram, ex praescripto Ludovici XIII galliarum regis ann. 1634.*

los aequatori parallelos; singula vero puncta in circulo, qui aequatori proximior est, *gradum unum latitudinis* habere dicuntur, quae latitudo *borealis* est vel *australis*. Simili modo puncta in circulo proxime sequenti posita duos habent gradus latitudinis, et ita deinceps. Itaque *longitudo geographica* loci alicuius est arcus aequatoris ab occidente in orientem numeratus inter primum meridianum et meridianum loci dati; *latitudo* autem *geographica* eiusdem loci est arcus circuli maximi inter aequatorem et parallelum loci dati comprehensus. Data latitudine seu altitudine poli ad datum locum ita accommodari potest globus coelestis vel terrestris, ut astronomica et geographica problemata respectu huius loci facile demonstret. Ad datam poli altitudinem attollatur globus coelestis, deinde lineae meridianae vel pixidis magneticae ope ita disponatur, ut ligneus vel metallicus circulus immobilis, qui meridianum in globo exhibet, cum meridiano loci congruat. Dato loco solis in ecliptica, locus ille transferatur sub meridianum, globus in hoc situ statum coeli repraesentabit pro loco dato in ipso meridiei puncto; vertatur globus atque pro singulis quattuor gradibus aequatori transeuntibus per meridianum, numerentur minuta quattuor, pro alia qualibet hora data repraesentabitur coeli status. Res commodius praestari solet ope circuli polo adnexi, et in

horas 24 divisi. Index horarius simul cum globo revolvens aequatoris gradus praeterlapsos, ac proinde et horas indicabit. Simili ratione patet, innotescere longitudinem diei ac noctis, si loco solis constituto sub meridiano observetur index horarius: habebitur tempus quo sol attingit horizontem, ac proinde et tempus a meridie ad ortum vel occasum solis, cuius temporis duplum erit longitudo diei, qua subtracta ab horis 24 habebitur longitudo noctis. Hinc etiam habebitur *amplitudo ortiva* vel *occidua* solis, punctum scilicet horizontis in quo sol oritur vel occidit. Ex his patet, facili manu solvi problemata omnia, quae pendent ex motu solis. Nec difficilius dignosci notarique poterunt stellarum et planetarum loca. Disponatur enim globus eo, quem diximus, modo: deinde observetur in coelo stella aliqua probe cognita, e. g. stella in media *cauda ursae maioris*: cum hac stella comparentur stellae aliae in globo depictae: simili modo cum stellis proximis comparari poterunt planetae. Quod spectat ad problemata geographica, datis longitudine et latitudine loci, facile in globo terrestri notatur idem locus. Inveniatur in aequatore gradus longitudinis datus, qui transferatur ad meridianum: deinde in meridiano computentur gradus latitudinis vel borealis vel australis: ubi numerandi finem facies, hic erit locus quaesitus. Qua ratione

inveniatur longitudinum differentia ex dictis patet. Statim vero innotescit locorum distantia, si circino capiatur locorum intervallum, et deinde in aequatorem transferatur, gradus aequatoris in milliaria et gradus reducti ipsam locorum distantiam exhibebunt. Verum accurata graduum mensura pendent ex iis, quae de figura telluris antea disputavimus; nunc satis sit iuxta recentiores observationes gradum aequatoris constituere hexapedarum 56751. Atque hinc posita telluris figura quam proxime sphaerica, facile invenietur telluris magnitudo.

ARTICVLVS II.

De praecipuis corporum speciebus in telluris superficie considerandis.

I.

Telluris superficiem admiranda varietate vestiunt atque exornant innumera plantarum genera. Varias plantarum classes recensere rectoque ordine distribuere ad plantarum scientiam *botanicen*, praeclarissimam historiae naturalis partem, pertinet. Pauca generatim exponere satis erit. Et primo quidem praetermissis de *vegetativa* plantarum anima inanissimis quaestionibus, *vegetationis* nomine nihil aliud intelligimus, nisi perpetuum succi nutritii circuitum, quo fit, ut plantae na-

scantur, adolescant, crescant, nutriantur, vivant: quo deficiente nutritionem nullam accipiunt, et *mori* dicuntur. Vt autem haec omnia plantarum vitae phaenomena intelligantur, brevem plantarum structuram sive *anatomen* praemitti oportet.

Plantarum partes in *solidas* ac *fluidas* primum distinguuntur. Fluida plantarum pars est humor ille vel succus, qui in plantis ipsis praesertim contusis vel resectis conspicitur. Sic e. g. ex incisis papaverum capitibus *opium* colligitur, ex resecta vite lacrimarum instar stillant *gemmae*. Infinita propemodum est varietas, quae in hoc humore vel succo observatur, sive colorem sive saporem sive qualitates alias consideres. Atque hinc oritur diversissima plantarum indoles. Solidae partes, quae plantarum substantiam componunt, plurimae numerantur, praesertim *radix*, *truncus*, *cortex*, *rami*, *folia*, *flores*, *fructus*. Has partes singulas suo ordine persequemur. *Radix* est illa pars infima plantae, quae solo adhaerens, atque per terrae poros veluti serpens, humorem nutritiumque succum depascitur. Hinc innumeris illa poris est pervia, per quos ingressae puriores subtilioresque succi particulae sensim adscendunt, nutriendaeque plantae per ramos distribuuntur. Vnde etiam ex varia figura, qua in variis plantarum generibus radicum poros praeditos esse concipimus, ex varia quoque particula-

rum vi attractiva, varium succum variis plantis nutriendis ingredi oportet. Altera plantae pars, quae radicem telluri infixam proxime sequitur, et supra tellurem adsurgit, vulgo dicitur *truncus* in arboribus, *caudex* vel *stipes* in herbis et leguminibus, *caulis*, vel *scapus*, *calamus* aut *culmus* in tritico vocatur. Porro truncus aut caudex veluti plantae substantia censeri potest, ex qua rami, fructus et folia sustineantur. Hinc in arboribus plerumque durior atque rigidior conspicitur, et in fructibus, qui vel altius adsurgunt, vel graviores fructus emittunt, iisdemque sustinendis impares foret, ut *hedera*, *vitis*; tenues radiculas truncus propagat, quibus alteri plantae, muro, vel palo adhaereant arctissimeque devinciantur. Plantarum plurimae in medio trunco veluti centro *medullam* habent, quae sive fungosa est, ut in *sambuco*, sive carnosa ut in *vite*, sive durior ut in *pinu*, sive nullo fere discrimine á reliqua trunci substantia distincta, ut in *ebeno*, *quercu*, aliisque pluribus. Reliqua demum plantae substantia, quae corticem inter atque medullam reperitur, vulgo *lignum*, *corpus lignosum* vocatur, a Plinio dicitur *caro*, quae in arboribus quidem solida, in herbis vero ac fructibus flexibilis, sed instar ligni in longum fissilis reperitur. Haec plantae caro plurimis subtilissimisque fibris componitur. Eiusmodi vero fibrarum ordo vel

series duplex á Malpighio describitur. Plurimae nimirum fibrae in varios fasciculos collectae in longum extenduntur, unde ligni fissilitas oritur. Aliae deinde fibrae horizontaliter, sive transversum ductae priores intersecant, iisque inseruntur, unde *insertiones* a Graevio, *utriculi* vero vel *bullae* a Malpighio vocantur, quod tuborum instar inanes sint. Praeter haec duo fibrarum genera *tracheas* insuper sive *spiralia vasa* describit Malpighius, quae laminulis in spiram contortis facillimeque flexibilibus composita sunt, ac proinde et ipsa contrahi diducique possunt. Plantarum caro vel lignum *cortice* ambitur. Est autem *cortex* veluti membrana quaedam aut cutis, quae rotundae ligni substantiae convolvitur. Tribus partibus illa componitur, exteriori nempe, quae instar cuticulae interiorem crassioremque circumdat; crassiori deinde, in qua fibrae, utriculi, nervique conspiciuntur, illis propemodum similes qui in ipsa trunci substantia reperiuntur; intima denique et subtiliori, quae ligno proxime adhaeret. Ex ipsa trunci substantia rami erumpunt, qui plerumque ramos alios frondesque emittunt. Qui prope ramorum extremitatem exsectis praesertim illorum verticibus enascuntur, *gemma*, vel *oculi* plantae vocantur. Ex ramis insuper surculisque *folia* oriuntur, quae non modo plantis ornatum et pulchritudinem largiuntur, sed tegendis et-

iam conservandisque fructibus conferunt, praesertim vero succo nutritio purius adhuc percolando perficiendoque; unde detractis foliis sterilescere solent plantae, vel saltem quidpiam patiuntur. Denique folia ramis, e quibus erumpunt, plerumque pediculo coniunguntur; aliquando ex uno pediculo folium unicum pendet, aliquando plura, unde *triphylla*, *pentaphylla*, *eptaphylla*, nempe *trifolia*, *quinquefolia*, *septifolia* nominantur. Ceteras plantarum partes admirabili varietate superant flores. Quattuor in ipsis partes distingui solent, *calix* exterius scilicet floris involucrum, *foliola* seu *petali*, ut a plantae foliis distinguantur, *filamenta*, quae e medio flore ut plurimum surgunt. Haec autem *stamina* appellantur, si capsulam pulvisculo turgidam in vertice deferant. Hic singulae partes in rosa vel lilio nitidius distinguuntur. Si florum texturam consideres, ipsi quoque tenerioribus mollioribusque veluti fibris componuntur, in quibus aliae duriusculae nervorum instar reperiuntur. Alii similiter pediculum habent, alii ipso carent, alii expansa folia, alii recurva sive contorta gerunt. Postremo denique loco superest fructus, cui producendo ab Optimo Sapientissimoque rerum Opifice destinata est admirabilis illa partium varietas fibrarumque textura, quam plantis inesse diximus.

II. Plantarum semen, quantum patuit plu-

rium anatome, earumdem plantarum rudimenta complectitur veluti conglomerata, quae deinde succo nutritio inflatae paullatim explicantur, et in plantae speciem adsurgunt. Vbi semen in terram iniectum est, succus terrestris calore solis agitatus sensim subit poros, quibus seminis involucra sunt pertusa; ibique cum seminali succo, qui in ipso semine est, fermentescit. Quod dum fit, primum radices erumpunt, tum duo foliola aperta cum adnexo corpusculo in acumen desinente, in quo exiguam esse plantam trunco radice et foliis duobus constantem, credibile est. Huius autem seminalis plantae procreatio adhuc latet inter arcana naturae, quae nulla arte cognosci possunt. Sed probabilissimum est, in semine plantulam cum aliis seminibus contineri, quae alias seminales plantulas cum omnibus suis partibus aliaque semina complectuntur; atque sic deinceps in infinitum ita, ut primis seminibus a Deo procreatis omnia plantarum seminumque rudimenta delituerint. Systema illud quod *involutionis* appellant, suis quidem non caret difficultatibus. Illud tamen confirmare videntur observationes microscopicae, atque eiusdem plantae multiplicatio et fere in infinitum continuata propagatio.

Neque ad superiores solum plantae partes succus nutritius adscendit, singulosque per ramos diffunditur sed a supremis etiam

extremisque partibus iterum ad radices descendit, perennique circuitu per plantae *utriculos* veluti venas excurrit. Et certe nisi attractus humor ad inferiores partes deinde reflueret, inferioribus ipsis plantarum partibus nutriendis impar foret. Succus enim, qui proxime a terra adscendens per plantae radices truncumque excurrit, crassior minusque tenuis atque digestus conspicitur, ideoque vel ipsi trunco vel tenerioribus certe ramusculis, qui ex trunco erumpunt, nutriendis aptus esse non posset. At si humor ille adsidue adscendens atque descendens iterum percoletur, purior longeque subtilior ad inferiores plantae partes perveniet. Et quidem perennis ille humoris circuitus in plantis quibusdam manifeste conspicitur. Si enim arctiori vinculo, ut ferreo circulo, transverse constringantur, illorum truncus supra vinculum turgere observatur, quod certe fieri non potest, nisi collecto humore, qui a superioribus ad inferiores partes descendit. Neque humor ille solum refluere, sed inferiores etiam plantae partes alere atque augere deprehenditur. Si enim plantae cortex duobus circulis transverse vel horizontaliter ductis secetur, corticisque pars circulis intercepta avellatur, ut superior ab inferiore cortice disiungatur; inferior quidem cortex minime augetur aut versus superiorem adsurgit, superior vero sensim nutritur ac versus inferio-

rem extenditur; succo nimirum per corticem refluente, novas partes acquirit, ut accuratissime observavit Malpighius.

Itaque quum hoc adsiduo circuitu succus nutritius rarior semper atque subtilior evadat, atque secundum varium fibrarum, quas penetrat, ordinem atque figuram, varia ratione percoletur, digeratur ac veluti concoquatur, tenues partes illas, quae subinde a planta avolaverint, reficere ac restaurare poterit, ut planta pristinam molem vel etiam novam acquirat. Eiusmodi vero circuitus nutritii succi, ideoque plantarum nutritio eo facilius peragitur, quo plures fuerint *insertiones*, quibus plantarum fibrae inter se communicant. Ita nimirum succus ex una fibra in vicinas propagatur et singulis plantarum fibris aliae fibrae adiunguntur. Hinc si quaedam corticis pars avulsa fuerit, laterales, quae supersunt, corticis partes ac veluti vulneris margines sensim dilatantur, sibique mutuo proximiores fiunt, donec integrum vulnus obducant. Denique hoc perenni humoris circuitu, ex fibris in utriculis in fibras alias propagatione fieri conspicitur, ut interior corticis pars ligno adhaerens in lignum convertatur ita, ut truncus ipse ex variis veluti corticibus in lignum consertis sibique concentricis aliquando componatur, quod in quercu praesertim observatur. Hinc intelligitur generatim tota nutritionis ratio.

Qua vero serie vel ductu perennis ille succi circuitus peragatur, definiri vix potest. Probabilissimum tamen est, maximam succi nutritii copiam adscendere per ligneam arboris partem, non vero per corticem aut partem illam, quae corticem inter et lignum sita est. Etenim ut succi nutritii motus subtilius deprehendi posset, expertissimi quidam physici mensibus martio et aprili secuerunt corticem arborum in trunco et ramis ita, ut cortex in arborem esset detractus, semperque observatum est; corticem superiorem una cum ligno, quod tegebat, aliquamdiu crescere, dum interim inferiores partes nullum prorsus caperent incrementum. Porro si per ligneam arboris partem non adscenderet succus nutritius, sed per corticem aut partem illam corticem inter et lignum positam pars arboris, quae infra sectionem est, maxime cresceret; superior autem pars in eodem statu maneret, aut prorsus interiret. Praeter haec, quae enumeravimus, vegetationis instrumenta, adiungi etiam maxime debet *tuborum capillarium* vis attractiva, qua fit, ut capillares plantarum tubuli non solum attrahant succum nutritium; sed eum qui sibi magis convenit, usurpent, alium vero nutritioni minus idoneum respuant. Haec autem conferantur cum explicata tuborum capillarium doctrina.

III. Quamvis inter ignota plurima et fe-

re omnia naturae arcana numerari debeat admirandum vegetationis opus, ex dictis tamen patet, nullum plantae genus sine semine produci. Quod autem plantae plurimae in iis locis oriri credantur ubi nulla sunt semina, ut in tectis, saxis dirutisque aedificiorum parietibus, vulgi error est. Licet enim in iis locis nulla deprehendantur semina, inesse tamen certissima ratione ostendi potest. Et certe plantas illas quae sine semine oriri putantur, ex semine per aërem plerumque translato nasci probat Malpighius hoc experimento. Si terra e profundiori telluris parte eruta in vase collocetur, idemque vas tenui velo obtegatur, atque supra velum ipsum deponantur subtilissisma herbarum semina, numquam terra virescere vel germinare videbitur, contra vero si aëri libero excipiendisque seminibus idoneo terra exponatur, statim virescere deprehendetur. Et re quidem ipsa in plantis plurimis, quae semine carere credebantur, et vi, ut dicebant, terrae *plastica* produci, semen deinde observarunt diligentiores physici. Quare ex toto vegetationis progressu atque ex analogia naturae concludendum est, in iis etiam plantis, quae nulla demonstrant seminis indicia, semen latere subtilioribus observationibus fortasse aliquando detegendum.

In plantarum seminibus ope microscopii hae observantur partes praecipuae, seu invo-

lucra quattuor, quorum primum dicitur *capsula*, cuius diversa omnino est in diversis seminibus figura, alia duo proximiora involucra vocantur seminis *cuticulae*. Vltimum tandem involucrum dicitur *placentula*, atque in plantis idem fere est illius usus, ad quem destinatae sunt in animalibus membranae, quae *foetum* involvunt. Has autem partes singulas aliasque plurimas observare potissimum licet in faba recens exclusa. Admiranda omnino est seminum varietas. Si plantae certum quoddam propriumque solum postulent, illarum semina tali donantur pondere et subtilitate, ut recta terram petant, et sine alio auxilio sese solo inserant. Si autem plantarum semina tantam habeant levitatem, ut aëris flatu avehi facile possint, unico vel etiam pluribus quasi uncinulis muniri solent, quibus retineantur. Contra autem alia semina plumulis et veluti alis sustinentur, quibus ad magnam distantiam levi vento dispergi et a se invicem removeri possint. Tandem semina alia longius proiiciuntur vi cuticulae tendinosae et elasticae, haec nempe cuticula exsiccata disrumpitur, semenque, ut ita dicam, explodit. ¿Ecquis autem non mirabitur omnipotentissimam Creatoris manum, quae semina quaedam in capsulis elasticis inclusit, quarum elasticitate ad convenientem distantiam seminis particulae ptoiiciuntur? Aliis autem seminibus alas veluti indidit qui-

bus sublevantur et a vento dissipantur. Tandem semina alia leviora hamulis, ut ita dicam, armavit, quibus ventorum vi resistant.

Ex plantarum nutritione intelligitur quoque mortis ratio. Vivit planta, quandiu nutritur. Nempe *vita* plantae ille est status, in quo succus nutritius concoquitur, et ad singulas partes libere defertur. Si ergo cessat nutritio, plantae substantia arescit et *mortua* dicitur. Quae igitur motum succi nutritii destruunt, plantam enecant. Quare moriuntur plantae, structura organica casu quodam vitiata, vel succi nutritii penuria. Itaque ad perficiendam nutritionis rationem, soli natura variis experimentis tentari debet. Neque enim *omnis fert omnia tellus*. Praeterea quum talis sit plantarum structura, ut convenientem sibi succum nutritium admittant, inutilem vero reiiciant; agris ubertas conciliabitur, si eidem solo nova per vices committantur plantarum semina. Etiamsi enim per longum tempus asumta fuerit succi nutritii copia, idem tamen solum altero abundare poterit succo alteri plantarum speciei idoneo. Tandem felici successu promovetur aliquando *vegetatio*, adhibita vulgatissima operatione, quam *insitionem* appellant. Et quidem *insitionis* ope fit, ut succus nutritius per diversos et multiplices tubulorum amfractus percoletur magis, atque perficiatur. Hinc aliquando non solum perficitur

planta, sed novam persaepe speciem mentitur. Verum ut feliciter succedat operatio, necessum est, inter utramque plantam intercedere analogiam quamdam ita, ut succus ex plantae unius tubulis in plantam aliam transire libere possit, atque pluribus viarum ambagibus feliciter percolari, alioqui non solum nihil emolumenti inde posset obtineri, sed plantae ipsi crearetur mors.

IV. Quamvis iucundum aeque ac utile physicis spectaculum praebeat stupenda plantarum varietas, sua tamen utilitate principem locum sibi facile vindicat illa physicae pars, quae incredibilem fere animalium varietatem contemplatur. Animalium in varias species divisionem, atque specierum illarum descriptionem persequi ad eos pertinet, qui historiam naturalem data opera tractandam adgrediuntur. Nobis corporis nostri *oeconomiam* considerare satis erit. Et primum quidem, ne breviores quam par est, heic videamur, monendum est, nos non medicos, sed physicos agere atque etiam de generali corporis anatome, de sensibus aliisque plurimis ad *oeconomiam animalem* pertinentibus nos iam dixisse in metaphysica et physica generali. Quare pauca adiungemus. Quo admirabili arcano nasci atque vivere incipiamus, variis hypothesibus explicare frustra laborant physici. A coniecturis illis exponendis religiose abstinemus; auditoribus enim nostris nobis-

que ipsis *maxima* hac in re *debetur reverentia.* Vitae nostrae progressum atque interitum breviter dumtaxat, quantum ad rem nostram attinet, prosequemur. Cibus *incisoriis* dentibus dissecatur, *molaribus* atteritur, et *saliva* adfluente permixtus comminuitur, atque prima *digestionis* operatio, *masticatio* scilicet, absolvitur. Cibus *masticatus* ope linguae ad aesophagi fauces musculorum actione dilatatos devolvitur, aesophago ingestus descendit in ventriculum, agentibus fibris spiralibus per musculosam aesophagi tunicam dispersis, et adiuvante tunica glandulosa interiorem superficiem irrigante. Cibus in ventriculum delatus commiscetur cum liquore *gastrico*, quem per *crustam villosam* fundunt glandulae: calore digestus cibus motibusque ventriculi conquassatus solvitur; fibris autem *tunicae musculosae* constrictis per *pylorum* eiicitur in *intestinum duodenum*, ubi *succus pancreaticus* cum *felle* effunditur interioris digestionis gratia. Digestus autem cibus promovetur actione continua fibrarum, quae musculosam intestinorum tunicam vestiunt, pars crassior in *faeces* abit; subtilior autem exprimitur in venas lacteas, quas radices suas per *ductum intestinalem* infinito propemodo numero spargunt. *Chylus* et itidem *lympha*, quam glandulae copiose effundunt, dilutus in *cisternam* deducitur, commune chyli atque lymphae receptaculum,

ibique magis attenuatus per *ductum thoracicum* in venam *subclaviam* defertur. Sanguini permixtus mox per *venam cavam dextero* cordis *ventriculo* illabitur, unde in *arteriam pulmonalem* exprimitur. Redit sanguis ex pulmone ad cor per venam pulmonalem, et *sinistro* cordis *ventriculo* infusus motu cordis in *arteriam magnam* pellitur, per cuius ramos ad omnes corporis partes defertur, unde per ramos venarum redit in venam cavam dextero cordis ventriculo iterum adfundendus. Perpetuus iste motus *circulatio sanguinis* appellatur. Admirandum circulationis artificium ex venarum arteriarumque structura atque systemate et ex illarum cum corde connexione intelligitur. In dexterum cordis ventriculum hiant vena cava et arteria pulmonalis, in sinistrum vero vena pulmonalis et arteria magna. Venae cavae et arteriae magnae rami distribuuntur per totum corpus, rami autem venae pulmonalis et arteriae eiusdem nominis per pulmonum lobos disperguntur. Venae et arteriae per totum corpus invicem communicant per tubos capillares inflexos, quorum pars una arteriae, altera pars venae vices subit. Movetur autem sanguis in arteriis a corde versus extremas corporis partes, in venis e contrario versus cor. Ne autem in actione cordis sanguis ex ventriculo redeat in venam unde venerat, valvulis impeditur, quibus etiam regressus in

cor coërcetur. Sanguinis quantitatem illiusque velocitatem calculo aestimare conati sunt multi et quidem doctrinae fama percelebres viri, sed irrito prorsus labore, ut iam antea observavimus.

V. Vt intelligatur nutritionis ratio totum *chylificationis* opus breviter resumamus. Chylus in ore praeparatur, atteritur, in aesophago et ventriculo attenuatur, in intestinis elaboratur, in venis lacteis secernitur, in mesenterii glandulis diluitur, magis ac magis in ducto thoracico diluendus, sanguini in venis miscetur, ibi autem rursus solvitur, attenuatur, intimis miscetur, in lateralia pulmonum vasa pellitur, fluidarum particularum formam induit, suam fluiditatem ob perpetuum sanguinis circuitum conservat. Continua pulmonis, viscerum aliorumque vasorum actione sanguis *chylosus* varias mutationes subit, atque ex eo glandularum ope secernitur, ac veluti exugitur liquor *serum sanguinis*, quod in massam *gelatinosam* abit, et singulis corporum partibus nutriendis destinatur. Quia vero subtilior seri pars iterato circuitu perpetuo consumitur, hinc chyli detrimentum moderato alimentorum usu reparandum. Quibus antem incrementis augeatur corpus, iam in physica generali explicavimus, ubi sermo fuit de transpiratione. Nunc cordis actionem, quae vitae fons est atque principium, ipsamque respirationem

breviter contemplemur. Cor illiusque auriculae, sunt veri musculi, spirales scilicet fibrae, quae ex descripta cordis anatome a basi versus mucronem adscendentes iterum versus basim reflectuntur: musculorum vi agunt: dum fibrae omnes simul breviores factae longitudinem cordis minuunt, latitudinem augent, ventriculorum cavitatem coarctant, tendinosa arteriarum orificia dilatant venarum ostia restringunt: hinc sanguis magna vi in arterias exprimitur, atque haec est *systole*. Sanguine per systolem toto fere expulso ex cavis cordis, fibrae flaccescunt, arteriis iam dilatatis cordisque nervos comprimentibus: hinc distantia inter basim et apicem augetur, sanguis expulsus in venas transit, atque haec est *diastole*. Praeter muscularium fibrarum actionem alias quoque vires plurimas ad motum cordis conferre certum omnino est, quamvis singulas vires illas nec calculo aestimare, neque etiam recensere noverint diligentiores anatomici. Sed quidquid sit, indubitatum est ad cordis contractionem sive systolem non parum conducere musculos intercostales et diaphragma; quorum ope fit, ut sanguini in pulmones pateat ingressus, quo negato actioni cordis insuperabile daretur obstaculum.

Itaque haec omnia cum pulmonum actione et respiratione coniuncta sunt. Duplici motu absolvitur respiratio, *dilatatione* nempe

et *constrictione* pectoris, quarum una alteram sequitur. Dum pectus dilatatur, aërem in pulmonem haurimus, eo constricto pulmones evacuantur. Vt intelligatur, quomodo hoc fiat, ex brevi anatome iam in metaphysicis institutionibus explicata repetendum est, pectoris cavitatem duodecim costis, arcuum instar, hinc et inde positis constare. Inter eas mediant musculi *intercostales*, qui superiores costas cum inferioribus connectunt. Inferioribus costis valde adhaeret diaphragma, quod in transversum expansum inter pectus et abdomen modo complanatur et viscera abdominis comprimit; modo versus pectus attollitur, et fornicis instar adsurgit. His animadversis, dum intercostales musculi contrahuntur, costae elevantur, diaphragma complanatur, abdominis viscera extrorsum protruduntur, pectoris cavitas dilatatur, aër ambiens per os et nares, atque hinc per tracheam ad pulmones ruit: aër autem *annulos cartilagineos* impellit, *tracheae bronchia* dirimit atque separat, varios arteriae pulmonalis et venae eiusdem nominis ramos auget, et earumdem capacitatem amplificat. Hinc illarum continua et alterna actio ad cor transfertur, a quo originem habuit. Paullo post costae, musculorum, pectoris viribus, pondere suo adiuvante, concidunt: diaphragma a resilientibus visceribus sursum adigitur: bronchiorum annuli cartil-

laginei breviores fiunt, illorumque dimensio contrahitur, atque pari modo contrahuntur tunicarum muscularium vi et arteria pulmonalis et vena. Vnde pectoris cavitas contracta susceptum aërem eiicit ex pulmonibus. Vtrum vero aliquid aëris, facto per pulmones aditu cum sanguine misceatur, quaestio est apud *physico-medicos* agitata, quam breviter attigimus, ubi aëris proprietates explicavimus.

Explicata circulationis et respirationis actio mechanica foetui in utero materno convenire non potest. *Septum* utramque cordis auriculam dirimens *foramine ovali* pertusum est. Arteriae pulmonalis truncus vix e corde egressus canalem quemdam communicantem in *aortam descendentem* dimittit. Nato et excluso foetu foramen ovale sensim clauditur et canalis communicans arescit. At foetu incluso in utero materno, pulmones intumescere atque detumescere non possunt, pro ut faciunt ingresso aëre. Quare flaccidi fere manent et sine ullo motu, ac proinde sanguini per eos circulationem copiosam et facilem non permittunt. Hinc admirabili structura factum fuit foramen ovale, ut sanguis e vena cava in dexteram auriculam admissus, in auriculam sinistram influeret, atque in foetu cordis vitam et actionem foveret non secus, ac si per pulmones transiret.

VI. De musculorum actione saepe men-

tionem iniecimus. Motus instrumentum sunt musculi, quibus dissectis, membrum, cui movendo destinantur, moveri amplius non potest. Venter musculis constat ex fibris carneis secundum longitudinem excurrentibus, qui breviores fiunt, ut pars corporis, cui cauda adfixa versus caput adducatur. Nervis ligatis vel resectis, quod in *phrenico* praesertim ad diaphragma tendente experiri licet, nulla in fibris *motricibus* fieri potest constrictio. Hinc colligitur, per nervos aliquid ad musculos deferri, quo illorum actio determinatur. Quare non sine ratione admittitur fluidum aliquod subtile, quod in substantia *corticali* cerebri utpote glandulosa secretum influit in nervos, qui ex substantia medullari ortum ducunt.

Motus, quo carneae musculorum fibrae contrahuntur, nondum satis patet. Mittimus igitur coniecturas, etsi utiles; viam enim ad ulteriores disquisitiones parant, dummodo tamen fiant a viris rerum anatomicarum expertissimis. Hoc autem certo nobis statuendum videtur, ad musculorum actionem concurre et fluidum subtilissimum per nervos decurrens, quaecumque sit huius fluidi natura, simulque sanguinem ex arteriolis adfluentem. Quemadmodum enim ligato nervo motus omnis in musculo impeditur, ita quoque si musculi arteria constringatur, novique sanguinis in musculum influxus impediatur nul-

lus in musculo motus haberi potest. Sed de his iam sermonem habuimus in metaphysica. Heic autem dumtaxat subiungemus, musculos fere omnes suos habere *antagonistas*, qui nempe contraria habeant officia. Tales sunt musculi *extensores* et *flexores*, quorum primi extendunt, postremi autem inflectunt. Hinc patet, contractionem esse naturalem musculis omnibus statum; nisi enim musculus a suo antagonista superetur, statim contrahitur, neque ullo voluntatis imperio potest dilatari. Ita si partis alicuius flexor musculus resecetur, iam extensores contraria musculorum antagonistarum actione haud amplius superantur. Hinc partem illam statim extendi necessum est; et contra eamdem partem flecti oportet, resectis musculis extensoribus. Aliqui tamen musculi, inter quos *cor*, suis carent antagonistis. Ex his omnibus intelligitur, vitae fontem et veluti fundamentum esse cordis motum, quo sanguis per universum corpus impellitur. Mors autem est aeconomiae animalis dissolutio, per quam cessant et motus cordis et respiratio. Plurima alia ad hanc ipsam rem spectantia repeti debent ex metaphysica atque ex physica generali. Id enim cavemus diligenter, ne in aliquo loco iterum dicamus, quod iam dictum prius. Nonnullas alias corporum species in sequenti capite considerabimus.

APPENDIX.

De quibusdam capitis praecedentis utilitatibus.

Varia telluris climata in hoc capite enumeravimus. Ex diversa autem coeli temperie, ac proinde ex ipsa climatum varietate suboriri in oeconomia animali variationes plurimas negari non potest, atque experientia comprobatum est. Climatum varietas plurimum confert ad generalem corporis constitutionem, staturam, robur, colorem, morborum naturam, senectutem. At fatendum est, generalem climatum rationem cum aliis particularibus causis, quales sunt aëris, aquae, soli, alimentorum conditiones, tam confuse complicatam esse, ut difficile omnino sit eis secernere varietates, quae climati propriae sunt. Quia vere inter corpus et animam arctissimum est commercium, certum quoque est idque observatione constat, incolarum indolem, nisi voluntatis imperio regatur, ex ipsa climatis natura aliquo modo pendere. Ita climata quaedam robur et fortitudinem excitant, alia vim imaginandi aciemque ingenii acuunt, alia autem quasi hebetare videntur. Tandem suum cuique nationi fere proprium est ingenium, sed rem invidiae plenam fusius persequi nostrum non est. Id tan-

tum caute monendum est, virtutum vitiorumque rationem non ex climatum conditione et natura, sed ex divina atque immutabili lege pendere. Leges ergo in variis regionibus non mutabili climatum varietati, sed perpetuae et invariabili iustitiae attemperari debent. Tandem licet climatum temperies ad excitandam adfectuum varietatem conferre aliquid possit, gubernari tamen possunt et debent voluntatis arbitrio, et ad divinae legis normam moderari, atque, si pravi sint, exstirpari omnino. Sed haec ad ethicam proprio iure pertinent.

Itaque his praetermissis fuseque tractandis in ethica, ubi sancta morum dogmata vindicabimus, iam ad geographiam redeamus, et de illius studio pauca adiungamus. Triplex, ut ita dicam, geographiae aetas considerari debet. Geographia *antiqua*, geographiae aetas *media*, et geographia *recentior*. Primus geographiae status ea est terrae descriptio, quam veteres scriptores usque ad imperii romani occasum reliquere. Geographia mediae aetatis ille est geographiae status, qui ab imperii romani occasu usque ad litterarum restaurationem obtinuit. Geographia recens est terrae descriptio a restauratis litteris ad praesens usque tempus. Quod spectat ad geographiam antiquam, ea quidem magnam postulat veterum scriptorum supellectilem, sed recentioris etiam geographiae auxilio indiget,

Veteres scilicet scriptores cum recentioribus et cum accuratissimis mensuris comparandi atque etiam emendandi sunt. Si hac comparatione destituamur, ignotae omnino erunt itinerariae veterum mensurae, ac proinde et ignotus erit veteris geographiae status. Haec prima geographiae species ad sacrae scripturae intelligentiam plurimum prodest. Quod attinet ad mediae geographiae statum, is densioribus involvitur tenebris, multaque ad hanc cognitionem necessaria nobis eripuit temporum barbaries. Attamen ex veteribus *chronicis*, *cartulis*, quibus *archiva* abundant, aliquid lucis tantae rerum geographicarum obscuritati adfulgere potest. Tandem quod spectat ad recentiorem geographiam, astronomorum laboribus ad summum perfectionis gradum ita perducta est, ut ignotus esse non possit in globo terrestri locus, in quo astronomus pedem figere possit. Ita viro geographiae studioso probe cogniti esse debent globi coelestis atque terrestris circuli, haecque est geographia *astronomica*. Praeterea dividitur geographia in *naturalem*, qua scilicet considerantur illae, quas natura constituit, globi nostri divisiones, ope marium, montium, fluminum cet. Dividitur etiam in *historicam* vel *politicam*, eaque considerat varias regionum vicissitudines, tum in ipsa principum mutatione, variisque regionum in bello et pace fortunis, tum in ipso regimine

civili aut *politico*. Tandem geographia alia est *sacra ecclesiastica*, quae nempe eas percurrit regiones, de quibus mentio fit in sacra scriptura, et in historia ecclesiastica. Haec autem geographiae pars varias pro commoditate divisiones admittit. Ita geographia ecclesiastica ratione iurisdictionis dividi potest in *patriarchatus*, *primatus*, *dioeceses* cet. Ex his manifestum est, cultiori cuilibet hominum conditioni utilissimam esse geographiam, immo geographiam *nescire turpe magis est, quam scire gloriosum*.

CAPUT II.

De corporibus aliis in terrae gremio potissimum considerandis.

Corpora in terrae gremio conclusa generali *fossilium* nomine apellantur. Alia fossilia in terrae visceribus generantur atque formantur; haec *nativa* dicuntur. Ad hanc classem pertinent *terrae*, *lapides*, *metalla* cet. Alia autem fossilia terrae propria non sunt, et *extranea* vocantur, qualia sunt *piscium*, *quadrupedum* ossa, *ligna*, *plantarum corpora* terrae visceribus ignoto casu sepulta. In terrae gremio recluduntur innumerabiles succorum species, aliaque plurima infinito paene numero corpora. Ex corporum illorum concursu oriuntur aliquando intestini, vehemen-

tiſſimique motus, atque hinc naſcuntur perſaepe ſubterranea, atque etiam meteora phaenomena. In tanta rerum copia, quae univerſam fere hiſtoriam naturalem continet, pauca dumtaxat corpora conſiderabimus, quae phyſicorum contemplationi proprie ſubiacent. Quare hoc ultimum phyſices caput in duos dividemus articulos. 1. Erit de ferro et magnete, illorumque mutua attractione, ubi etiam de vi electrica. In 2. articulo alia contemplabimur corpora, quae ad ſubterranea meteora phaenomena videntur pertinere.

ARTICVLVS I.

De ferro et magnete illorumque vi attractiva, ubi etiam de electricitate.

I.

Ferri et magnetis quaedam ſunt proprietates admirandae potius quam hactenus explicandae. Primo autem adnotandum eſt, magnetem haberi poſſe veluti lapidis ſpeciem, quae ex ferro, oleo et ſale coaleſcit. In hoc lapide quattuor effectus praecipuos conſiderabimus, ſcilicet *vim attrahentem* aut *repellentem*, *vim communicatricem*, *vim directricem*, ac tandem *vim inclinatricem*, de quibus ordine dicendum eſt. Atque ut a vi attrahente initium ducamus, ſciendum eſt, magnetem trahere ad ſe multa corpora, ſed

potissimum magnetem alium, ferrum et arenam illam lucidam, qua ad exsicandos recens scriptos characteres uti solemus. Si magnes ad corpora ista admoveatur, statim videbuntur ea sponte moveri versus magnetem, et quidem maiori vel minori cum velocitate pro maiori vel minori eorum pondere. Velocius enim ruunt corpora ista versus magnetem, si minorem habeant molem; immo si magnitudinem paullo maiorem habeant, manebunt etiam immota, neque magnes tantam habebit vim, qua ea ad se rapiat. Attractio autem ista mutua est. Non minus enim magnes trahit ad se magnetem alium vel ferrum, quam trahitur ab illis, quod demonstravimus in physica generali, ubi de actione et reactione. Ceterum magnes nec trahit omni ex parte, nec aequalem in omnibus sui partibus virtutem habere deprehenditur. Donatus est enim magnes plerumque polo duplici, quorum alter trahit ad se, alter vicissim repellit; si scilicet magnes magneti opponatur, non vero si ferrum magneti. Ferrum enim semper et omni ex parte trahitur quamquam non aeque vehementer omni ex parte. Id vero intelligendum est de ferro, quod magneticam vim non adhuc sibi comparavit. Nam ferrum postquam magneticam vim adeptum est, a magnete repellitur non minus ac magnes alius. Quoniam vero in polis virtus trahendi maxi.

ma est, ii deteguntur ope scobis ferrae vel etiam arenae, quae ita circa magnetem sese componit, ut semitas quasdam veluti sulcos efficiat; ubi autem sulci ibi convergunt, ibi reperiuntur poli. Linea utrumque polum coniungens dicitur *axis magnetis*, *aequator* autem dicitur planum ad axem perpendiculare, ipsumque axem bifariam et aequaliter dividens. Magneticis polis idem impositum fuit nomen, quod globi nostri polis, unus nempe *septentrionalis* sive *borealis*, alter *meridionalis* sive *australis* dicitur. Etenim si magnetem ex filo libere suspendas, sponte sua in hunc se disponit situm, ut polus septentrionalis septentrionem, australis austrum respiciat, etsi non accurate nec aequaliter ubivis locorum. *Meridianus magneticus* appellatur planum ad magnetem perpendiculare secundum longitudinem axis; ac proinde transit per polos. Sunt autem poli magnetis puncta mutabilia. Si magnes per medium axem leni manu secetur, quaelibet pars duos adquirit polos. Partes quae erant sub aequatore contiguae ante sectionem, et quae poli non erant, polorum vim habent; immo pars quaelibet polus borealis vel australis fieri posset, sectione facta maioris magnetis polo australi vel boreali propius. Idem contingeret parti cuilibet dimidiae, si eodem modo mediae secarentur. At si magnes non secetur per medium axem, sed secundum longitu-

dinem, habebuntur quoque poli quattuor, quorum duo *eiusdem nominis* in ea manebunt parte, in qua positi erant ante sectionem, et in qualibet parte formabitur novus axis priori parallelus. Phaenomenon autem plane singulare praebent magnetis poli. Nempe duorum magnetum poli, si fuerint diversi nominis, sese mutuo attrahunt; secus autem, si eiusdem nominis fuerint, nimirum polus septentrionalis trahit australem, sed non vicissim duo septentrionales vel australes sese mutuo attrahunt; immo sese fugiunt, sive repellunt. Quare poli diversi nominis dicuntur *amici*; poli antem eiusdem nominis *inimici* appellantur.

II. Magnes donatur virtute alia, quae *communicatrix* dicitur, eo quod magnes vim suam attrahentem ferro aut calybi facile impertiatur. Si super polo cuiusvis magnetis, vel prope eum lenta manu ducatur ferrum secundum sui ipsius longitudinem, et eadem servata directione; magnes huic ferro virtutem suam ita communicabit, ut ferrum ipsum, ad vim attrahentem quod attinet, nihil prorsus a magnete differat. Nec tamen magnes de viribus suis deperdit quidquam, etsi centena ferramenta vi sua impraegnaverit. Non desunt tamen, qui adfirmant, magnetes imbecilliores evadere. At illud certum est, ferrum ductum circa magnetem binos polos sibi comparare, qui iisdem donati sunt

proprietatibus, quibus pollent ipsius magnetis poli. Neque magnes tantum vim suam ferro communicat, sed etiam ferrum acceptam virtutem magneticam ferro tribuit, atque etiam alteri magneti. Diversis artificiis comparantur magnetes *artefacti*, illud vero praecipuum est atque optimum.

Adhibeantur lamellae calybeae eximie laevigatae, summaque industria temperatae, quae singulae eamdem habeant longitudinem, latitudinem et crassitiem, sintque circiter sex pollicibus longae, quinque lineas latae, unam vero lineam crassae. Si autem illarum longitudo augeatur, in eadem ratione augeri debent dimensiones singulae. Rebus ita comparatis, cuilibet lamellae seorsum vis magnetica communicetur, potenti magnete adhibito. Deinde lamellae illae inter duas laminas ferreas vel calybeas ita constituantur, ut suis polis oppositis eas contingant, quae quidem praeparatio *armatura* vocatur, atque ita habebitur magnes *artefactus*. Non solum magnetis ope, sed etiam sine magnete ullo parari potest vis magnetica. Laminulae calybeae probe laevigatae incudi etiam eximie perpolitae imponantur, eaque secundum longitudinem, eamdemque directionem atterantur ferro verticali satis magno, cuius extremitas inferior sit in rotundum conformata, et bene expolita. Si operatio illa per singulas lamellae calybeae facies, quantum satis

est, iteretur, eximiam virtutem magneticam adquiret lamella calybea, non secus ac si exquisito magnete tacta fuisset. Id autem notandum est, ad septentrionem dirigi illam magnetis extremitatem, a qua factum fuit attritus initium, contra autem ad meridiem convertitur extremitas altera, in qua attritus desinit.

Sine ulla magnetis ope egregiam vim magneticam natura aliquando suppeditat. Ferrum oblongum in loco sublimi positum, et in situ verticali satis diu detentum, mutatur in praestantissimum magnetem. Potentissimam vim magneticam persaepe demonstrarunt virgae ferreae in aedium tectis, templorumque fastigiis erectae. Insignem vim magneticam acquisivisse aliquando feruntur coelesti fulmine percussa ferramenta. Traditur, cubiculum aliquod fulmine tactum fuisse, in quo cultri aliaque id genus ferra plurima continebantur: id autem contingit omnino singulare: ferramentorum pars fulminis vi soluta fuit et liquefacta, pars autem alia insignem adquisivit virtutem magneticam, qua clavos annulosque ferreos ad se rapiebat. Plurimis modis sive natura, sive arte generatur vis magnetica, sed hos recensere longius foret.

III. Virtute alia donatur magnes, ob quam fit, ut magnes polos suos praeter propter ad mundî polos convertat. Magnes enim cymbae ligneae ita impositus, ut axem habeat horizon-

tis plano parallelum, si in amplo vase, quod aqua plenum sit, innatet, paullatim sic convertet se, ut determinatas semper coeli plagas suis polis respiciat, quarum quidem coeli plagarum una est utcumque *borealis*, altera autem utcumque *australis*. Huic magnetis virtuti referendum est praestantissimum *nauticae acus* inventum, quod in arte nautica magnam praestat utilitatem. Acus calybea oblongior vi magnetica imbuitur, acutaeque pinnae medio sui imponitur, ut libere verti possit. Ad mundi fere polos ipsa suos polos dirigit. Apex, qui respicit *boream* dicitur *polus boreus* et *septentrionalis*; qui vero *austrum* respicit *polus australis* aut *meridionalis* vocatur. Acus nautica, ne ab aëris motu vexetur, capsula ad custodiam coërcetur. Quare tale instrumentum *pixis nautica* appellatum est. At dolendum est, quod ad maiorem nauticae artis utilitatem acus magnetica ad mundi polos sese non componat accurate, variationibusque plurimis sit obnoxia. Si pixis magnetica ita constituatur, ut acus terrestri meridiano respondeat, idque fiat in plurimis terrae locis; observabimus, directionem acus magneticae a directione ipsius meridiani deflectere, nec quidem in omnibus locis aequaliter, sed magis vel minus pro vario locorum situ. Talis aberratio acus magneticae a meridiano appellatur *declinatio*. Praeterea in ipsa declinatio-

ne mutatio fere perpetua deprehenditur etiam in eodem loco non solum diversis annis, sed etiam diversis diebus, et per varias eiusdem diei horas. Sic Parisiis anno 1550 magnes ad orientem declinabat gradibus octo, anno 1580 gradibus undecim, anno 1666 polos accurate respiciebat, anno 1700 gradibus octo declinabat versus occidentem. Quod autem Lutetiae accidit, idem quoque in singulis terrae locis observatum est, sed diversa plane mutationis lege, immo potius nulla, quae subtilissimis etiam observationibus hactenus innotuisse potuerit. Praeter hanc universalem declinationis variationem, ex certis quibusdam specialibus circumstantiis et conditionibus alias quoque mutationes plurimas interdum subit acus magnetica. Ferrum acui magneticae proximam illius declinationem plurimum turbat; aliquando etiam meteora in acus declinatione insignem variationem inducunt. Anno 1724 in latitudine boreali 41° 10 et in longitudine 28° die 2 septembris, perturbatis motibus, ita agitata est acus magne.ica, ut ad dirigendum iter nullius potuerit esse usus. Eamdem agitationem patiebantur acus aliae plurimae vi magnetica recens imbutae, ille autem vehementior inordinatusque motus horae integrae spatio perduravit, quo deinde cessante pristinam directionem acus magneticae recuperarunt. Eamdem vim directivam aliquando suspensam pe-

ritissimus navium praefectus D. Ellis. Saeviente acutissimo frigore, navique magno gelu circumdata, semel deprehendit vi sua directiva fere destitutas fuisse acus singulas; aliae autem ad plagas oppositas sese aliquando dirigebant. His tamen non obstantibus, quae minus frequentes sunt, acus magneticae variationibus, maximae tamen utilitatis est pixis magnetica. Declinatio enim satis accuratis observationibus ut plurimum nota est.

IV. Superest tandem consideranda magnetis virtus *inclinatrix*. Parata acu calybea, magnetica vi nondum imbuta, inventoque gravitatis centro, ita ut ipsum gravitatis centrum apici styli immineat, acus aequilibrata manebit, situmque horizonti parallelum obtinebit, neutra extremitate se vel attollente vel deprimente. At si huiusmodi acus concipiat vim magneticam, et stylo eadem ratione imponatur, cuspis eius borealis in his nostris regionibus borealibus deprimet sese aliquantulum, oppositus autem australis vicissim sese extollet. Nec depressio cuspidis unius, et elevatio alterius aequalis est in omnibus terrae locis. Eo enim minor observatur, quo minor est locorum distantia ab aequatore; et contra eo maior, quo loca sunt polis propriora, ac proinde acus magneticae *inclinatio* ex ipsa locorum latitudine pendere videtur. Haec phaenomena deprehenduntur in hemisphaerio nostro boreali. At trans-

lata acu ad oppositum hemisphaerium australe, tunc vicissim cuspis australis deprimet sese, borealis autem sese attollet, et eo magis, quo proprior fuerit locus polo australi. Hinc consequens videtur, acum manere aequilibratam in aequatore, in polis autem eo usque inclinari, ut perpendiculariter insistat ad terram. Haec autem acus magneticae inclinatio maiores, quam ipsa declinatio, variationes patitur, non solum in diversis terrae locis, sed etiam in eodem loco, et per diversas diei horas. Verum huius variationis partem aliquam referendam esse, observatum est, ad resistentiam, quam ex mutuo axis attritu patitur acus magnetica, antequam ad aequilibrii situm perveniat. Et quidem diligenter observata acus magneticae inclinatione, ea variabilis omnino deprehendebatur, iisdem licet manentibus experimenti circumstantiis. Paratae fuerunt diversae acus magneticae quod ad omnes conditiones simillimae: vix umquam eamdem inclinationem ostenderunt acus duae, immo differentia 10 vel 12 gradus aliquando superabat. Ex illa inclinationis inconstantia factum fuit, ut hanc variationis partem arte aliqua corrigendam proposuerit academia parisiensis, adnexo de more praemio, quod reportavit Doctissimus Daniel Bernoullius, qui subtilissima acus magneticae structura huius erroris, vel differentiae partem aliquam sustulit.

V. Quod spectat ad effectuum magneticorum causam, fatendum est, nihil esse in physica obscurius. Quare ne varias quidem referre volumus physicorum hypotheses, quibus explicatis non fimûs doctiores. Generatim observare satis erit, attractionem magneticam ex ferri magnetisque particulis atque illarum textura pendere. Et quidem mutata particularum dispositione generatur vel destrùitur vis magnetica, frequentius intenditur, vel remittitur; quod iam variis exemplis ostendimus. Ita si ferrum magnetica vi imbutum valide percutiatur, si igni subiiciatur, si violenta manu torqueatur, vi magnetica destituitur. Si vires attractivae fuerint ex una parte maiores, quam ex altera, poli ex una parte erunt *attractivi*, ex altera *repulsivi*. *Communicatio* virtutis in eo sita esse potest, quod ferri particulae sine ullo ordine dispositae ob magnetis vicini actionem minutam positionem mutent, tumque se prodet magnetica vis in ferro quoque. Eadem de causa filum ferreum, quod magneti adfrictum virtutem contraxit, poterit virtutem amittere, si motu contrario ducatur ita, ut conveniens partium positio turbetur. *Directio* acus ad certas terrae plagas polo proximas hinc oriri potest, quod per universam quidem tellurem ingentes lateant sub ipsa superficie massae ferri, et magnetis, sed multo plures, quam alibi, versus polos. Hac enim de cau-

sa fieri poterit, ut acus magnetica non dirigatur accurate versus polum, sed hinc inde aberret. Si eiusmodi fodinae minores per universam terram nullo certo ordine dispersae sint, inde intelligetur, in magnetis declinatione nullum esse certum ordinem. Huius rei imaginem quamdam habere possumus, si maiorem aliquem eximiae virtutis magnetem ad mensae caput collocemus, tum alios minores magnetes dispergamus sine ordine, acus se ad magnum magnetem potissimum diriget, minorum tamen magnetum actionibus nonnihil turbabitur directio. Eadem quoque erit *inclinationis* causa. Videmus enim, acum magneticam inclinari statim, si ferri fodinis proxima fuerit. Iam vero si haec sit effectuum magneticorum generalis causa; ¿ quidni fieri poterit, ut quotidie parum admodum et fere nihil mutetur directio, quae mutatio temporis progressu crescat, et tandem post ingentes terrae motus statim vel maxime augeatur, vel etiam minuatur? Nimirum fodinae perpetuas subeunt mutationes, novae alibi generantur augenturque, alibi minuuntur et pereunt. Itaque perpetua est mutatio, exiguo tempore exigua, tempore longiori maior, irregularis omnino si mutatio ipsa in fodinis irregularis fuerit. Quae quum ita sint, non repugnat ad generalem attractionis legem referri posse effectus magneticos, qui proinde ex particularum figura, textura, mutua

positione pendent. Quae quidem omnia nos latent, et utinam fortasse non semper lateant. Quare generatim rem difficilem explicavimus parum solliciti de subtilissimis effluviis, quae tenuitate sua acutissimos oculos effugiunt, remotasque massas vi maxima connectunt.

VI. Cum vi magnetica aliquid adfinitatis habere videtur vis *electrica.* Antiquis etiam philosophiae temporibus notum fuit, *succinum*, quod etiam *electrum* dicitur, eam vim habere, qua paleolas leviaque corpuscula attrahat, atque ideo virtuti huic attractivae factum est *electricitatis* nomen. Progressu temporis haec eadem vis in *sulphure*, *cera obsignatoria*, corporibusque aliis *bituminosis* et *resinosis* observata fuit. Virtutem electricam in *vitro*, *gemmis*, *bombice*, *lana*, *capillis* experti sunt deinde physici. Dura enim siccaque manu perfrictis corporibus illis, leviuscula quaeque corpora ad se rapiunt. Idem tentatum fuit in aliis plurimis corporum speciebus, nullumque inventum fuit corpus, quod sua natura non foret electricum, vel electricitatem non posset accipere. Quod ut intelligatur, duplex distingui debet corporum electricorum genus. Alia dicuntur corpora *por naturam electrica*, quae nempe perfricta electricitatem demonstrant. Alia autem per longum etiam tempus attrita nullum electricitatis indicium praebent, electricitaem tamen ex corporum electricorum vicinia

haurire possunt atque accipere, et ideo vocantur *electrica per communicationem*. Ita quamvis metalla et fluida nullam ex attritu electricitatem possint concipere, iis tamen electricitas variis artificiis conciliari potest. Si ferrum aliquod tubis duobus vitreis horizontaliter sustineatur, vel funiculis sericis suspendatur, vel etiam resinosae massae incumbat, ferrum illud admoto vitreo tubo debite perfricto, vim electricam admittet. Eodem artificio electricitatem accipient fluida aliaque corpora non electrica. Porro in electricitatis phaenomenis non solum consideranda est attractio, sed etiam repulsio, quae ut plurimum attractioni succedit. Ita si auri foliorum a tubo electrico attrahatur, rursus ab eo repellitur, atque per vices varios itus et reditus seu subsultus edit. Vix conspicua est repulsio, si debilior sit electricitas; at si valida sit, corpusculum attractum statim repellitur. Tandem si potentissima sit electricitas, nullum inter tubum et corpusculum observatur contactus; sed corpusculum repellitur, ubi ad duorum vel trium pollicum a vitro distantiam pervenit. Eamdem attrahendi et repellendi vim adquirit metallum, si vi electrica *per communicationem* imbutum fuerit, idemque succedit in corporibns omnibus non electricis. At aliae multae attractionis et repulsionis conditiones summa attentione considerari debent.

VII. Ex attractionis repulsionisque phaenomenis aliqua colligunt physici, et quidem merito ut nobis videtur. I.° Leviora corpuscula a corporibus electricis attrahuntur, donec eamdem cum attrahentibus electricitatem adquirant, illorumque atmosphaerae ad eamdem redigantur densitatem. II.° Hac densitate adquisita, desinit attractio, incipitque repulsio. III.° Haec repulsio viget tantum inter corpota, quae ad eumdem electricitatis gradum pervenerunt. IV.° Tandiu viget haec repulsio, quamdiu manet eadem atmosphaerarum densitas, qua perturbata, fit iterum attractio, donec aequalis densitas restituatur, rursusque nova excitatur repulsio. V.° Vigere potest repulsio inter corpora duo, quae nullum umquam dedere attractionis signum, dummodo eamdem servent atmosphaerae densitatem. VI.° Eo validior est repulsio, quo maior est electricitas; ac proinde ex spatiis vi repulsiva descriptis vires electricas aestimare licet. Recensitos effectus experientia confirmat. Etenim si electricitas sit validior, inter auri foliolum tubumque vitreum nullus iam contactus deprehenditur, sed in duorum vel trium pollicum a vitro distantiam aurum repellitur, adquisita scilicet aequali atmosphaerae densitate: deinde supra tubum manet aurum veluti suspensum, donec vim electricam adquisitam amiserit, sive eam sesim et per gradus amittat, vim suam comn

municando vaporibus per aërem dispersis, sive amittat statim ex alterius corporis non electrici contactu. Facta electricitatis iactura, iam cessat repulsio, foliolumque attrahitur, iterum post reparatam electricitatem repellendum. Hoc artificio auri foliolum per cubiculum transferri poterit, illud scilicet repellendo ope tubi eximie electrici, digitumque pro singulis repulsionibus admovendo: immo foliolum auri immotum sustineri poterit inter ferrum vi electrica imbutum et digitum ipsum, si subtus ipsum auri foliolum ita admoveatur digitus, ut in singulis repulsionibus aurum tangatur, hac arte velut suspensum cohiberi poterit foliolum inter ferrum et digitum. Porro admodum verisimile est foliolum in hoc statu manere eo, quod tantam vim electricam digito communicet, quantam ipsum a ferro accepit, ea tamen quantitate demta, quae ad superandam gravitatem necessaria est. Sed haec pauca dicta sint, longiorem enim tractatum res postularet. Legatur opus egregium, quod magna sagacitate parique experimentorum subtilitate conscripsit *Taurini* Doctissimus P. Beccarias qui Franklini doctrinam non solum explicavit, sed et mirifice perfecit. Tota doctrina huc reducitur: esse quoddam fluidum electricum, quod interna corporum quorumdam viscera illorumque superficiem possit pervadere, in aliis autem corporibus nullum ha-

beat motum, licet tamen corporum illorum aliqua contineant huiusmodi fluidi copiam sibi firmissime adhaerentem, nec sine frictione intestinoque motu effundendum. Prioris speciei corpora dicuntur electrica *per communicationem*; alia autem corpora vocantur electrica *per naturam*. Priora corpora fluidum electricum statim ad aequalitatem in alia corpora diffundunt, licet alia maiorem, alia minorem huius fluidi copiam postulent ad quamdam sibi *connaturalem*, ut aiunt, *saturitatem*. Quare e duobus eiusmodi corporibus, quae eumdem natura sua non habent saturitatis gradum, aliud respectu alterius electricum est *per excessum*, aliud autem per *defectum*. Vbi nempe corpora illa ad eam admoventur distantiam, in qua particulae circa eadem corpora atmosphaerarum instar diffusae, aliae in alias possint agere, e corpore electrico per excessum fluit illico eiusmodi fluidum in corpus electricum per defectum, donec fluidum ad *respectivam* aequalitatem in urroque corpore perveniat. Porro fieri potest in hoc continuo effluxu, ut corpora, quae fluidum dant et recipiunt, ad se invicem accedant, si leviora sint, vel libere pendeant. Immo si materiae coacervatae motus vehementior fuerit, explosiones excitari poterunt, scintillae, tonitrua fulminaque ipsa.

VIII. Hinc aliqua ratione intelligi potest

experimentum *batavicum*, quod est huiusmodi. Phiala vitrea mediocris crassitiei, dimidia circiter parte aquam continet. Haec autem manu sustinetur, filo metallico in aqua interim pendente; illud vero filum adligatur lamellae metallicae aut corpori *per communicationem* electrico, quod ideo *conductor* vel *deferens* solet appellari, eo quod illius ope materia electrica propagetur, et veluti ducatur atque deferatur. Si machinae hoc modo comparatae imponatur globus vitreus, qui circa axem velocissime convertatur, sicca manu interim perfrictus, hic eximiam vim electricam concipiet, quae in corpora per communicationem electrica transibit. Iam excitata in globo vi electrica, si *conductori* extremitas digiti admoveatür, non solum scintillam elicies, sed te quoque vehementiori ictu percussum senties, atque eam ob causam experimentum istud *fulmen electricum* vocatur. Porro ad magnam distantiam propagatur fluidum electricum, et tanta est distantia illa, ut physicorum experimenta et diligentiam fugiat, si longissimum quoque filum ferreum filis sericis sustineatur, et in eo excitetur vis electrica, ad alterum fili ferrei extremum propagatur fluidum electricum tanta velocitate, quae nullam mensuram admittat. Si filum illud ferreum extremo digito tangatur, infinita propemodum velocitate extunditur fluidum electricum; quo

autem longius est filum ferreum, eo vehementior sentitur ictus cum scintilla coniunctus. Si plures homines massis resinosis insistant pedibus, et cum metallis in superficiem satis magnam extensis communicent, quae tamen metalla filis sericis suspendantur, in hac etiam longissima hominum serie si vel unus ferrum vi electrica imbutum manu contineat, singuli electricitatem adquirent, leviuscula corpuscula attrahent, atque ex iis vividissimae elicientur scintillae. Si resinosae massae sint subtiliores, electricitatis effectus debiliores fiunt, et nulli omnino, si inter pedes terramque ipsam nullum medium sit corpus natura sua electricum. Hinc certum videtur, fluidam esse materiam electricam, eamque per vitrum, resinam, bombycem transire facilius, si corpora illa minus crassa fuerint, facillime autem pervadere metallorum, animaliumque corpora, quibus intermediis ad terram propagatur, nisi corpore aliquo natura sua electrico cohibeatur. Scintillae e corporibus electricis excussae cum fulgure et fulmine tantam adfinitatem habere videntur, ut physici plurimi persuasum habeant, tonitrus boatum nihil aliud esse quam vehementiorem scintillae electricae explosionem. Et re quidem ipsa dum coelum tonat, ferramenta massis resinosis imposita tantam electricitatis vim concipiunt, ut scintillas multo splendidiores reddant, quam quae

machinarum vi extundi possunt. Sed de his agemus in proximo articulo. Ceterum quamvis de recentiori electricorum phaenomenorum invento non pauci doctissimi viri praeclara nobis reliquerint, quae heic fusius exponere non licet; fatendum tamen est, immaturum, ut ita dicam, adhuc esse argumentum illud, longa fortasse annorum atque experimentorum serie perficiendum. Quod vero ad generalem primamque attractionis et repulsionis electricae causam spectat, valde probabile est, eam ad universum mundi systema pertinere, ac proinde nostros auditores hortamur, ut in difficilioribus id genus quaestionibus nihil audacius proferant, vanissimasque explicationum umbras et inanes verborum sonos non amplectantur.

ARTICVLVS II.

De subterraneis quibusdam meteoris atque phaenomenis.

I.

Neminem latet, in terrae gremio contineri diversissimas magna copia corporum species, quae simul permixtae intestinis motibus agitantur, vehementissimamque fermentationem concipiunt. Sulphure, bitumine, nitro, particulisque metallicis abundant terrae

viscera. Porro notissimum est physicis, mixturas quasdam fieri ex nitro intermixto sulphuri, bitumini et calci vivae, quae humido aliquo adspersae accenduntur. ¿Quidni ergo similes commixtiones sub terra fieri valeant, quae humore aqueo imbutae ignem excitent? Si limatura ferri et sulphur contritum misceantur, atque aqua abluantur, ita ut ex iis componatur massa quaedam mollis, haec in vase aliquo condita, et sub terra defossa magnum calorem primo excitabit, tum ignis et flamma emicabit, quae terram ipsam submovere poterit. Hac ratione clariss. Lamerius *vesuvianos* ignes imitatus est. Nec abhorret a vero, hanc aut consimilem rationem naturam ahibere ad magna vesuvii incendia excitanda, ciendosque terrae motus. Et quidem causam hanc confirmat soli natura. In iis siquidem locis, quae tristissimis id genus phaenomenis frequentius agitantur, terra praedictis materiis ad fermentationem ignemque idoneis referta observatur. Nulla autem dubitandi ratio esse videtur, quin ad terrae motus conferat plurimum vis electrica, idque mox ostendemus, ubi fulminis causam explicare conabimur. Interim monere satis sit, sine eximia vi electrica intelligi vix posse, quod narrant scriptores aliqui, ad incredibilem fere distantiam propagatos fuisse tetrae motus. At si ponamus, quod quidem probabilissimum est, ex vehementissimo

partium attritu generari potentissimam vim electricam, multo facilius explicantur subterranea phaenomena ad tantam distantiam propagata, et facto, quod scriptum reliquerunt aliqui, fides conciliabitur, ingentem scilicet terrae concussionem, e vesuvii monte ad Constantinopolim usque fuisse transmissam. Et re quidem ipsa vehementiores terrae motus, quos memoriae tradiderunt antiquissimi scriptores, fulgure, igne, tonitru horruisse leguntur. Idem quoque his nostris temporibus anno 1756 *Vlissipone 1748 Montesiae in nostro valentino regno* contigisse fide publica certum est. De plerisque vesuvii montis eruptionibus id etiam narratur. Si autem ignis hic subterraneus, illiusque, ut ita dicam, *focus* subtus mare delituerit, iam ipsas maris aquas sublevare poterit, variisque in locis exundationes creare. Quod quidem annis 1755, 1756 accidisse, infaustis nuntiis accepimus.

II. Mareriae electricae proculdubio referendi videntur ignes illi, qui *fatui* seu *erratici* et *ambulones* vocantur. Frequentes sunt in locis pinguibus, uliginosis et paludosis, in coementeriis non raro visuntur, et timidae plebi terrorem incutiunt. Nonnumquam subito evanescunt: mox in alio loco resplendent: plerumque ad altitudinem sex pedum errant huc illuc: interdum altius haerent. Ex his ignibus aliqui lucentes sunt dumtaxat, alii autem lucentes sunt simul et in-

cendiarii ita, ut palearia, tecta straminea et aedes incendere valeant. Dum ignes illi manu capiuntur, constare observantur ex materia viscosa et lubrica, non calida. Eiusdem naturae est ignis, qui *lambens* dicitur, hominum capillis, equorumque iubis aliquando adhaerens, praecipue dum pectine atteruntur. Ex dictis de igne electrico manifestum est, ignes illos nihil aliud esse, quam materiam electricam ex putrefactis plantis, cadaveribus, capillis, aliisque id genus corporibus motu atque attritu excussam. Eodem referendae sunt exiguae flammulae, quae *castor* et *pollux* a nautis appellantur, et saeviente tempestate ad aplustria, ad funes, partesque navis volitare persaepe observantur. Ignem hunc esse electricum, satis iam demonstrat memoratum in praecedenti articulo experimentum, quo nempe ferramenta, coelo tonante, eximiam vim electricam concipiunt, magnamque scintillarum copiam emittunt. Ad hunc ipsum locum pertinet phaenomenon plane singulare, cuius ego memini. In fastigio templi cuiusdam apud alvernos in Gallia posita erat de more crux ferrea. Tonante coelo e tribus crucis cuspidibus copiosae emanabant scintillae, tantaque lux aliquando splendebat, quae ingruente etiam pluvia praefocari non posset. Sed crux e loco dimota loci incolis terrorem, physicis autem phaenomenon eripuit. Iisdem cau-

sis tribuendi sunt globi ignei aliquando in aëre excitati, quorum aliqui longiorem caudam, ut plurimum trahunt. Sunt autem eiusmodi globi saepe ingentes, lunari magnitudine apparuerunt plurimi: maiores nonnulli. Ingentem huiusmodi globum Bononiae observavit Montanarius anno 1676. Visum est illud ipsum lumen super mare adriaticum, tamquam ex Dalmatia venisse, ac per universam Italiam transivisse. In iis autem locis, quibus verticale fuit, auditum, scribit laudatus auctor, crepitantem fragorem qualis edi solet a curribus citato cursu super strata lapidea delatis. Addit, hoc lumen velocissime motum fuisse. Nam inter horae scrupulum unum 160 milliaria italica peragrasse comperit. Aliqui autem ex his globis in eadem coeli parte suspensi, et fere immoti videntur. Ex odore sulphuris, quem globi illi spargere solent, intelligere pronum est, hoc meteorum ex sulphureis potissimum exhalationibus conflatum esse. Et re quidem ipsa talem esse globorum illorum naturam, demonstrant perniciosissimi huius materiae effectus, dum in terram non sine fragore maximo dessiliunt. Per longum tractum dispersi arbores disiiciunt, evellunt, firmiora etiam aedificia solo coaequant, vehementissimos ventos excitant. Valde autem probabile est, aëris elasticitatem magna sulphuris copia debilitari, quocumque tandem modo id

fiat. Hinc aërem longius remotum magna vi irruere necessum est: validiorem ventum excitare, et ad aedificiorum ruinam conferre. Porro certissimum est, huius meteori ignem materiae electricae simillimum esse, ac proinde vi electricae referendam esse maximam praedictorum effectuum partem. Hoc ipso anno 1761 nuntiis publicis accepimus, Londini visum fuisse ingentem huiusmodi globum, qui aedificia plurima subvertit non sine magna animalium strage. Interim vero coelum flammis, fulgure, tonitruque saeviebat. Quod autem meteora illa globi figuram, ut plurimum, aliasque etiam figuras interdum referant; id tribuendum videtur partim flantibus ventis, partim materiae electricae attrahenti. Sed singulos talis materiae motus, innumeris causis variatos, atque turbatos nulla adsequi potest physicorum industria ullave explicatio.

III. Hinc fulminis naturam atque genesim aliqua ratione licet intelligere. Fulmen differt a tonitru et fulgure. *Fulminis* nomine appellatur rapidissima flamma ex nubibus ad terram usque maximo cum impetu delata, et obvia omnia prosternens. *Tonitrus* autem nihil aliud est, quam fragor in summo aëre subita exhalationum aut materiae electricae inflammatione ortus. *Fulgur* vero est ipsa materiae accensio. Itaque patet, eamdem esse fulminis, tonitrus, fulgu-

risque materiam, et ratione effectuum dumtaxat distingui. Iam meteori causam secundum recentiores cultioresque physicos explicabimus. Calore solis, aut ventis, aliisque aëris mutationibus saltem tamquam a causa primaria, procellosas nubes non excitari, certum omnino videtur. Etenim autumnali hibernoque tempore heic Romae et in aliis regionibus plurimis haud rara sunt tonitrua et fulgura. Praeterea tranquillo penitus aëre suboriuntur procellosae nubes, et ipsa atmosphaerae tranquillitas imminentis procellae indicium esse solet. Haec igitur non est, ut vulgo credebatur, saltem generalis procellarum origo. In terrae sinu illiusque superficie, atque in liberis atmosphaerae regionibus, materiae electricae magnam copiam latere ex praecedentibus experimentis manifestum est. Porro huius materiae aequilibrium plurimis de causis tum in terrae gremio, tum ipso aëre turbari posse evidens est. Hinc excitari poterunt plurimi, et infinitis fere modis variari huius materiae motus. Hinc nubes, quae ex aqueis partibus *per communicationem* electricis coalescunt, aliquando materia electrica imbuuntur magis, aliquando autem minus. Rem ita se habere demonstrat motuum vicissitudo in nubibus procellosis, materiae electricae variatis motibus simillima. Nubes, quae aquam deferunt, lente et tranquille admodum progrediuntur atque uniformi qua-

si motu expanduntur. Nubes aliae, quae grandines, turbines, fulguraque devehunt, ex improviso veluti apparent, impingunt, versus se invicem post contactum resiliunt, frequentissimisque reflexionibus iactantur, donec simul coniungantur, et unum veluti corpus electricum componant. Iam vero si ponamus, variabilem aliquam ob causam alicubi accumulari materiam electricam, alicubi autem deficere, et vapores plures, aut nubes, aut corpora quaevis *per communicationem* electrica utrique loco esse interiecta, intelligimus a loco ad locum redundantem electricitatis materiam vehementissime vibrari: interposita corpora traiicere: infinitis propemodum motibus serpere: atque mirabiles omnino effectus edere. Experimento rem illustrabimus. Supra massam ex cera vel resina conflatam collocentur metallici plures globuli ita, ut linea omnium centra coniungens per varios serpat gyros; deinde quo tempore primus globulus catenae propius admovetur, ultimus globulus digito tangatur; scintilla per globulos singulos ad digitum usque excurret. Porro experimentum illud varias fulguris ambages satis feliciter explicat. Nec mirum amplius videbitur, quod fulminis materia quaedam corpora pervadat; aliis proprioribus relictis, ensem diluat vagina intacta: oculos feriat inoffenso corpore. Alia plurima sunt fulminis scintillaeque

electricae simillima phaenomena. Scintilla electrica inflammat corpora, quae flammam concipere possunt. Ita etiam fulmen eiusdem naturae *inflammabilis* corpora invadit, illaque in fumum ac cineres resolvit. Scintilla electrica corporum evaporationem auget: gravem odorem spargit: tenuissimas fundit auri metallorumque particulas; ita etiam fulmen liquores in vase contentos dissipat: odorem pro locorum varietate varium effundit, et quae pervadit metalla, solvit, dissipat, absumit. Scintilla electrica enecantur volucres, et fulmine intereunt homines, atque in omnibus fulmine tactis eadem deprehenduntur signa, quae in volucribus scintilla electrica percussis observantur. Quae quum ita sint, fulmen considerari poterit tamquam scintilla ex nubibus electrica materia gravidis exclusa. Si electricorum ignium vires voluminibus proportionales esse fingamus: globi ignei, qui diametrum lunarem referunt, vim longe maiorem habebunt, quam quae ad disiiciendas aedes, evellendas arbores, propellendos lapides satis sit; quum scintilla, cuius diameter apparens sit lineae unius, vitreum tubum facile frangat. Ex angulis catenae vi electrica imbutae micant coni valde lucidi et satis ampli. Ita etiam ex nubibus aliquando ea poterit lux effundi, quae ad plures gradus extendatur, totumque coelum videatur occupare. Praeterea vis, qua

in se invicem impingunt nubes, et fragor ex conflictu oriundus, enormiter excedet scintillae electricae strepitum pro maiori nubium incurrentium amplitudine, et vaporum, ex quibus coalescunt, elasticitate.

Materiam electricam per universa corpora diffusam esse iam demonstratum est, ac proinde nullum dubium est, quin fulmina alia e terrae gremio in aërem adsurgant, alia autem ex aëre in terram recidant. Ex hoc materiae electricae terram inter et atmosphaeram commercio sagacissimis quibusdam philosophis in mentem venit a fulminis ictu aedificia fortasse liberari posse. Et quidem observandum est, materiam electricam ad metalla potissimum dirigi, eaque esse materiae electricae, ac proinde et fulmineae *conductores* sive *deferentes*. Igitur fulminis materia, ceteris paribus, corpora metallica praesertim imbuet, atque ex iis deinde emergens alia corpora pervadet. Itaque si *deferentes* metallici ad terram usque pertingant, hi fulminis materiam in terrae gremio deponent, atque amovebitur fulminis periculum. Ita aedium aliquarum tecta metallicis canalibus circumdata sunt ad excipiendas demittendasque aquas; si autem in aedium illarum fastigio erigantur duae vel tres metallicae cuspides fili ferrei ope cum iisdem canalibus communicantes, periculum declinari posse sibi persuadent aliqui, et quidem non

omni destituuntur fundamento, ut ex doctrina hactenus explicata colligitur. Et certe audivimus, praesentissimum periculum expertos fuisse quosdam physicos, qui procellosa tempestate, nulla praevia diligentia, tentare ausi sunt experimenta electrica. Immo si narrationi fides esse debeat, eorum aliquos fulmine tactos fuisse didicimus. Laudanda quidem est physicorum humanitas, qui avertendis periculis humanique generis securitati invigilant; sed Dei flagella timere, melioresque fieri debemus.

IV. In omnibus meteoris partes aliquas habere videtur vis electrica. Si aquae guttula *per communicationem* facta sit electrica; ea sal tritum attrahit, atque inde firmitatem aliquam adipiscitur, seu in massam compingitur. Pari ratione, si in nubibus procellosis idem maiori copia fieri ponamus, nubium particulae maximam salium nitrorumque per atmosphaeram effusorum copiam trahent, et in *nivem* atque *grandinem* cogent. Si ex virga ferrea electricitate imbuta pendeat aquae guttula, quae pollicis circiter intervallo distet a vase inferiori aquae pleno, gutta superior pendens oblongatur, excutitur scintilla crepitusque auditur. En *columnae* seu *tubae marinae* et *typhonis* simillimam imaginem. Aliquando enim aqua circularem motum inchoare a nautis observatur, et paullatim ad altitudinem satis magnam adsurge-

re. Vortex ille si mari immineat *tuba marina* appellatur ; *typho* autem dicitur , si aëreus sit vortex terraque subiectus. Periculosi admodum sunt huiusmodi turbines , et raro incumbunt terris sine maxima clade. Ceterum quamvis ad meteora aquea plurimum conferat materia electrica , aliae tamen causae , quae vulgo adferri solent, non debent omnino excludi. Nempe calore ipsius terrae et calore solis sublevantur vapores , et ad altiorem atmosphaerae regionem adsurgunt , ibique ob minorem specificam gravitatem suspensi manere possunt. Si vero frigore condensentur , maioremque adquirant gravitatem specificam , proprio pondere relabuntur , vel pluviae vel nivis vel grandinis instar. Haec est vulgaris explicatio , quam quidem omnino de medio tollere immerito quis tentaret. Quamvis enim in meteoris aqueis partem maximam agere possit materia electrica , quae corpora longe graviora per aërem suspendere valeat ; certum tamen est , alias quoque causas ad meteora aquea conferre , aliquando omnes simul , interdum aliquas tantum.

Antequam hunc articulum ultimamque physices partem absolvamus , praetermittendum non est phaenomenum , quod variatis vividissimisque lucis iactibus phaenomena electrica imitari solet. Fulgentissimum illud spectaculum plagam septentrionalem , ut plurimum illustrat , et *aurora borealis* appella-

tur. Arcus instar apparet, atque ex illo vibrantur radii celeriter adscendentes, iique admodum lati, instar columnarum verticalium nunc maiori nunc minori copia, et tandem coelum flammis hinc inde serpentibus totum resplendet. Huius phaenomeni sedem in atmosphaera nostra collocant physici omnes, et quidem ut alias praetermittam rationes plurimas, observationibus compertum est, easdem auroras boreales in duobus locis licet parum distantibus non eodem tempore visas fuisse, quod quidem certissimo est argumento tales auroras non multum sublimes fuisse, et in atmosphaera nostra sedem habuisse. Huius phaenomeni altitudinem ex illius parallaxi investigarunt celeberrimi mathematici. At fatendum est non satis tutam esse hanc methodum. Et quidem non constat, auroram borealem e diversis locis observatam, esse eamdem ipsam lucem, quae in eodem coeli loco fixa haerebat; quod tamen fieri oportet ad definiendam phaenomeni parallaxim ac proinde et illius altitudinem. Vir Doctissimus D. de Mairan summo ingenii acumine parique doctrinae apparatu huius phaenomeni causam quaesivit in atmosphaera solari, quae ad terrestrem usque atmosphaeram aliquando pertingens, aurorae borealis spectaculum praebet. Praeclarissima sane sunt opera, quae hac de re edidit Vir clarissimus. Opinionem hanc ad-

greſsus est celeberrimus Vir Eulerus, qui auroram borealem ex subtilioribus atmosphaerae nostrae particulis radiorum solarium vi impulsis conflatam esse existimavit. Sed litem hanc inter duos magnos viros componere in argumento coniecturis pleno non licet. Alii tandem ex materia electrica totum phaenomenum repetunt hoc fere modo. Quum materia electrica sit ubique diffusa, alte etiam supra terrestrem superficiem evehitur materia haec. Iam vero aër, et quae aëri immiscentur heterogeneae particulae, in terram, solem ac lunam graves sunt, circa terram diurno motu revolventes fluunt ac refluunt perpetuo, iisque in locis quibus ad perpendiculum insistunt luminaria, attolluntur primum, tum luminaribus progredientibus fluunt ab aequatore ad polos, atque in novum aërem particulasque alias impingunt. Hinc fieri potest, ut particulae illae in locis admodum diversis diversa imbuantur materia electrica, diversumque electricitatis gradum adquirant, atque tandem eaedem particulae in se incurrentes electricitatis gradu dissimiles omnia exhibere poterunt electricitatis spectacula. Ratiocinationem hanc confirmant ex mutuae gravitatis legibus et maris nostri analogia, atque tandem accuratissima adferunt experimenta, quae in *cervis*, ut vocant, *volantibus* institui solent. His enim subtilissimis experimentis compertum est, cervos ad di-

versas altitudines diversisque temporibus per aërem sublatos, diversum electricitatis gradum concipere. His ita constitutis, iam consequuntur omnia electricitatis phaenomena; ex particularum in se impingentium varietate nascetur miranda motuum varietas: hinc igneae columnae surgere statim poterunt et subsidere, lucidae succedunt coronae ignesque alii sine ordine per coelum dispersi. Quia vero aër hiberno tempore in regionibus borealibus fit densior, excitandisque electricitatis phaenomenis aptior; hinc aurora borealis frequentior conspicietur hiberno tempore et terra in perihelio constituta, quod demonstrant observationes *meteorologicae*. Hae sunt variae hypotheses, quae quidem singulae suum habent probabilitatis gradum haud facile definiendum. Ceterum in iis, quae pertinent ad vim electricam, haud satis commendari debent clar. Beccariae opera. Hic enim aliis omnibus, qui hactenus de eodem argumento scripserunt, palmam longe praeripuit. Vobis vero, quibus iniuncta est brevitas, haec pauca satis sint; data autem praesenti occasione, nostram erga amicum venerationem libenter testatam voluimus.

APPENDIX.

De quibusdam capitis praecedentis utilitatibus.

In hoc capite mentionem fecimus de *fossilibus extraneis*, quorum in terrae gremio magna latet copia, nec minor in ipsa telluris superficie apparet. Historiae naturalis amatores maxima admiratione percellit tanta *conchyliorum marinorum* et *piscium* varietas, quibus abundare aliquando observantur altiores montes, profundioresque valles in magna etiam a mari distantia. Tot et tanta conchyliorum fossilium strata horizonti fere parallela semper deprehenduntur, aliquando autem strata plurima intermediis, ut ita dicam, lectis vel terreis, vel arenosis separantur; neque casu quodam in nostras regiones translata credi possunt. Ita autem persaepe accumulata sunt conchyliorum strata, ut animalia, quae conchyliorum illorum incolae fuerunt, quasi eamdem familiam, atque societatem constituisse videantur. Id autem mirandum est maxime, quod corpora illa marina ad maria nostra minime pertineant, sed e remotissimis plagis ad nos advecta fuisse credantur a peritissimis historiae naturalis scriptoribus. Haec antiquissima monumenta velut tristissimas diluvii universalis

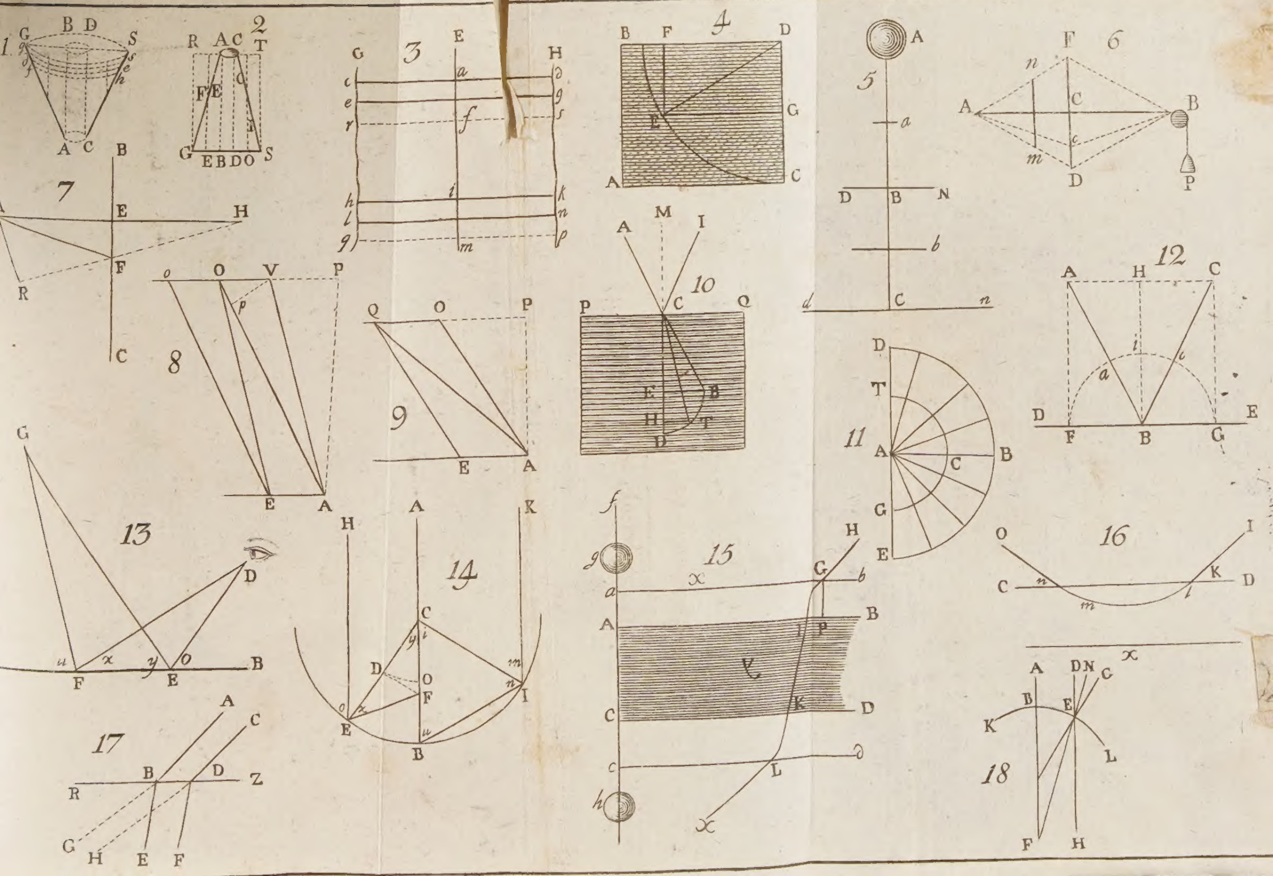
reliquias venerari non dubitant aliqui physici, quorum sententiam confirmare videntur inventa in montibus a mare longe dissitis instrumentorum nauticorum fragmenta. Haec quidem universalis diluvii documenta, et ut, alii appellant, *numismata*, pie ac religiose vindicantur. Sed his argumentis, quae suis non carent difficultatibus, minime indiget, nulli difficultati, nulli errori obnoxia sacrae scripturae divina auctoritas. Quod clarius his Dei comminantis verbis *cap. VI. Genes.* : *delebo hominem, quem creavi, a facie terrae, finis universae carnis venit coram me; ecce ego adducam aquas diluvii super terram, ut interficiam omnem carnem: universa, quae in terra sunt, consumentur.* Quod autem minas eventus fuerit subsecutus, aperte constat *cap. VII.* : *consumtaque est omnis caro, quae movebatur super terram: aquae praevaluerunt nimis super terram, opertique sunt omnes montes excelsi sub universo coelo.* Et certe si in habitatas dumtaxat terrae partes diluvium saevierit; ¿ad quid Noe, Deo iubente, arcam sibi fabricasset? ¿cur in eam animantia introduxisset? quum a diluvianis aquis in aliis regionibus facile tutus esse potuisset. Sed de his fusius disserere ad sacrae scripturae interpretes pertinet. Superest, ut refellamus obiectiones duas, quae physicorum iuris esse videntur. Intelligi nequaquam posse, aiunt

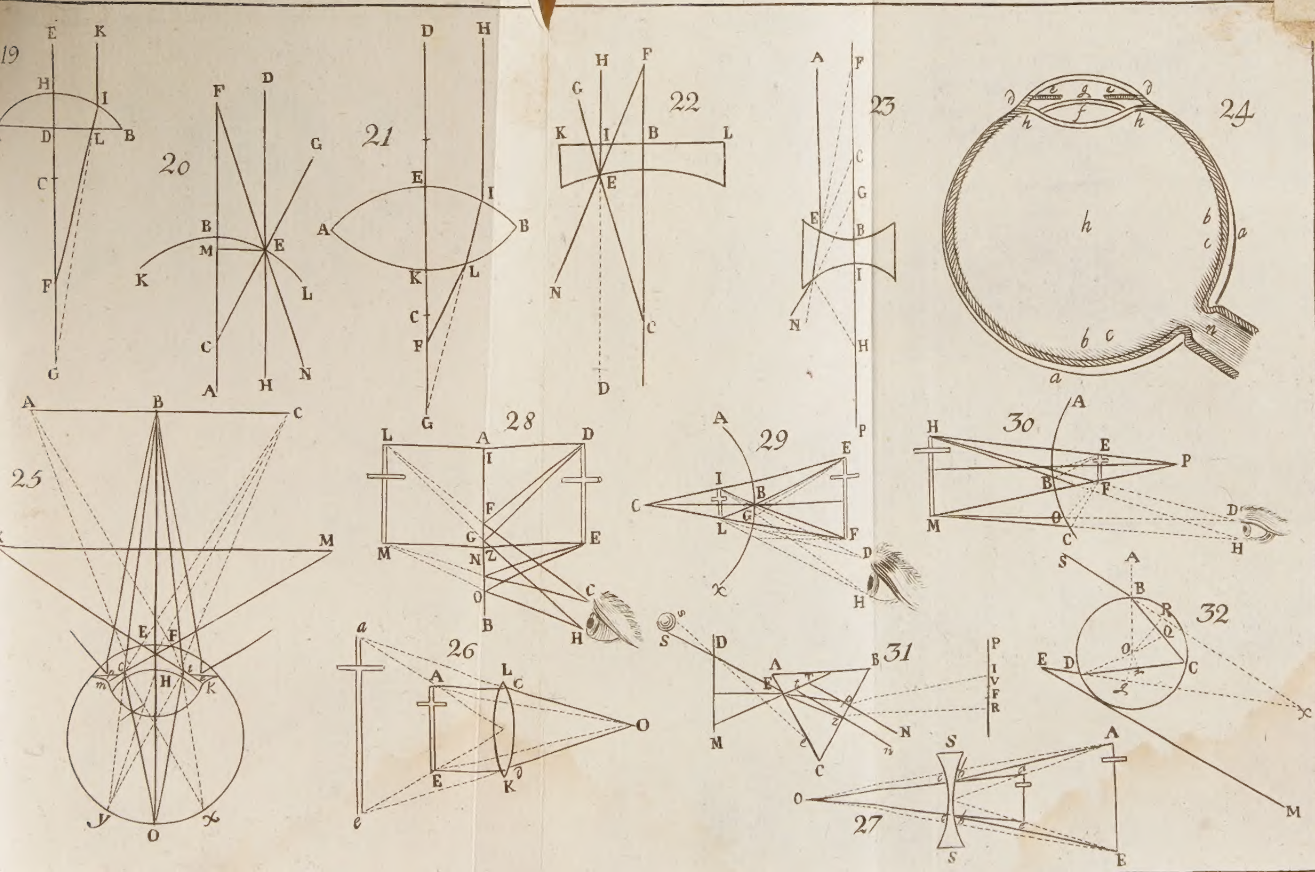
aliqui, qua in via in Americam penetrare potuerint fera animalia. In omnes *continentis* nostrae partes facile quidem migrare potuerunt domestica animalia simul cum hominibus earumdem terrarum incolis: fera quoque animalia temporis successu viam sibi quaerere potuerunt. At omni caret verisimilitudine, leones, tigres, aliaque hominibus perniciosissima animalia in alterius continentis regiones fuisse translata. Haec quidem est ineptissima obiectio, quae adversariis proponentibus solvenda etiam manet. Et quidem quum Deus cunctas animalium species in paradyso terrestri constituerit, *easque adduxerit ad Adam*, etiamsi nullum fuisset diluvium, quaestio pari iure fieri posset, quomodo ferocissima animalia in Americam pervenire potuerint. Variae autem huic quaestioni responsiones esse possunt. Et primum quidem verisimillimum est, Americam reliquis terrae partibus coniunctam esse; vel angusto *isthmo* animalibus facile pervio a *continente* nostro dirimi. Et re quidem ipsa anno proxime elapso rarissimam ego vidi tabulam geographicam *Petropoli* eleganter incisam, in qua delineabatur transitus a viatoribus russis per exiguum fretum in Americam his nuperrimis annis institutus. Tandem si in nostras regiones plurima id genus animalia etiam num hodie longius arcesantur; ¿quidni etiam fieri potuit, eadem animalia in Americam fuis-

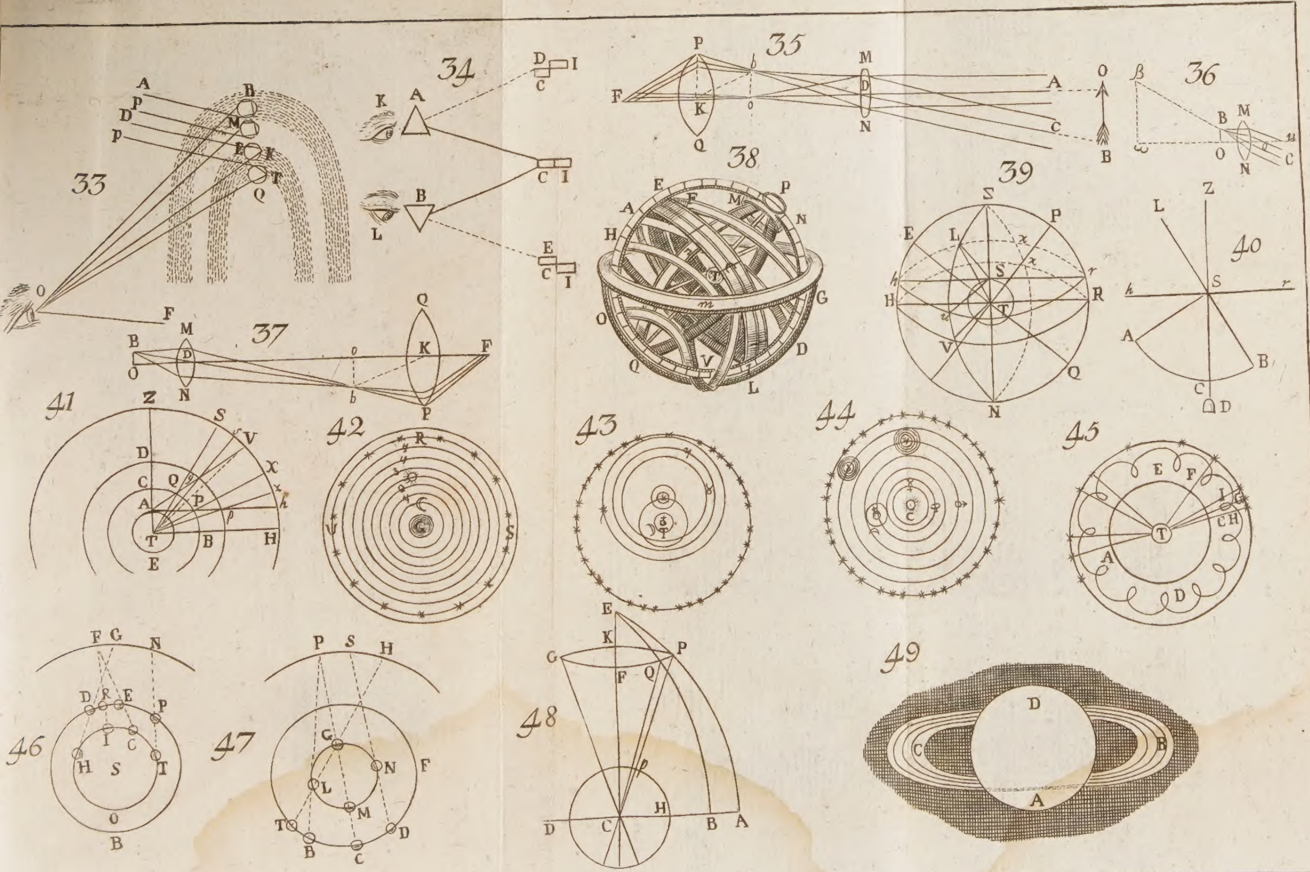
se educta? Huic ineptissimae obiectioni aliam adiungunt impietatis plenam: divinam omnipotentiam calculis arithmeticis metiri praesumunt, et fieri non posse, aiunt, ut atmosphaera universa in imbres etiam copiosissimos resoluta altiores montes attingat. Nihil certe audacius, quam supremo aquarum rerumque omnium Creatori limites praescribere, et diluvii universalis facultatem adimere; *rupti sunt omnes fontes abyssi, cataractae coeli apertae sunt, et facta est pluvia super terram 40 diebus et 40 noctibus. Genes. cap. VII.* Verum quamvis divinae vindictae arcana scrutari non liceat; postquam physicorum quorumdam impietatem redarguimus, non abs re erit illorum quoque in rebus physicis imperitiam ostendere. Et quidem amplissimas regiones copiosissimis aquis per ipsas quoque rupium et montium fauces exundantibus devastatas fuisse, certa fide traditum est. Tantam aquarum copiam comitabantur horrendi tonitrus et fulmina. Atque hinc reddi potest effectuum illorum ratio, si nempe meminerimus, tempestatum illarum causam ex atmosphaerica subterraneaque materia electrica probabilissime repetendam esse. Si nempe inter ignem electricum in terrae gremio latentem et per universalem quoque atmosphaeram dispersum maxime turbetur aequilibrium; non caret verisimilitudine, ipsa rum-

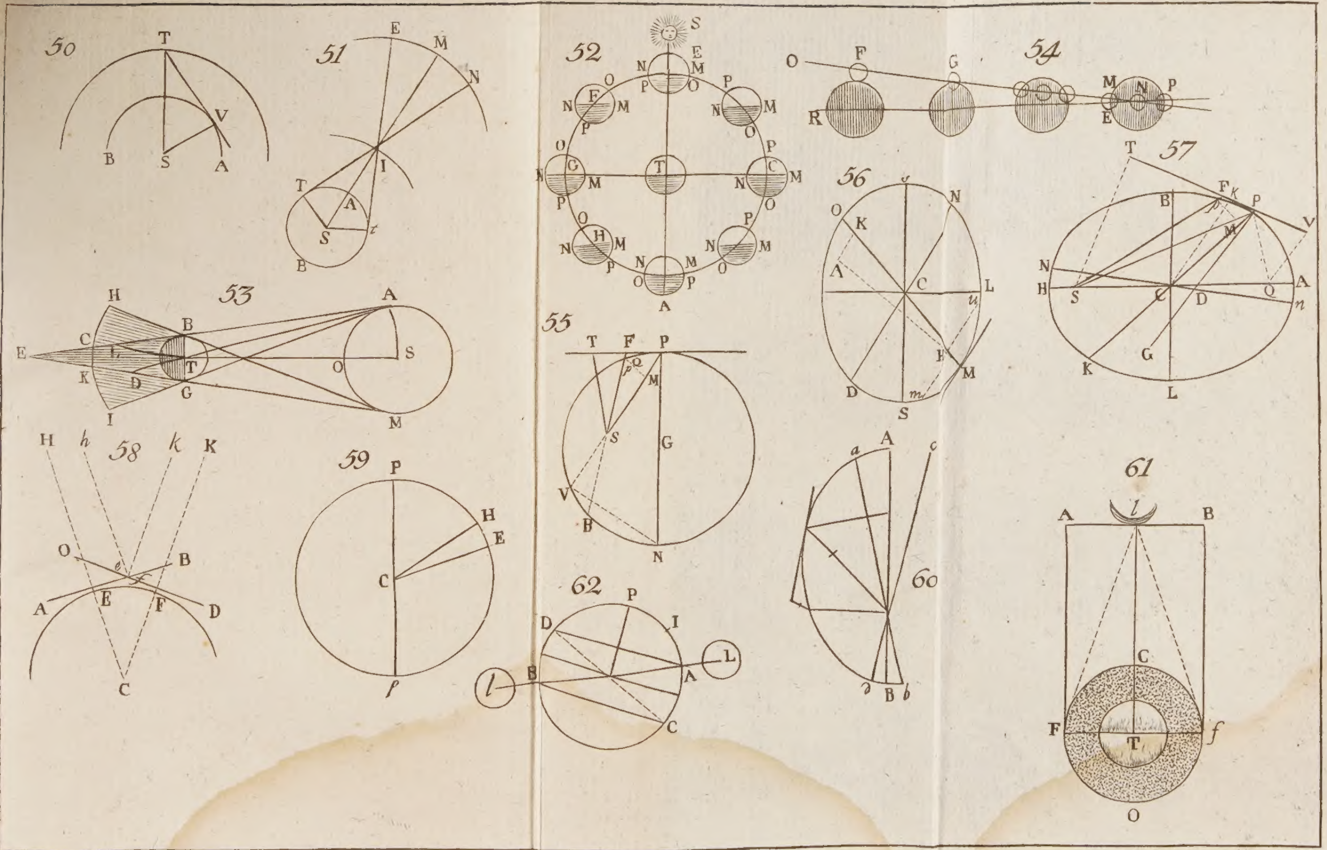
pi montium latera, magnoque impetu aquas eructare, quod aliquando contigisse certum est. Haec breviter dicta sint, ut reprimatur physicorum illorum superbia, qui subterraneas aquas velut commenticias derident. Ceterum divina supplicia timemus, adoramus, sed explicare non praesumimus.

FINIS.


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18


19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32


33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49


50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62

25